บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น รวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรม ได้นำเอาโปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการออกแบบ Computer Aided Design (CAD) เพื่อความสะดวก รวดเร็วและแม่นยำ ช่วยให้ความผิดพลาดจากการผลิตน้อยลงรวมถึงมีต้นทุนในการผลิตต่ำลงแต่มีคุณภาพดีขึ้น ทำให้ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นช่วยลดเวลาในการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักศึกษา วิศวกรหรือบุคคลที่สนใจ ที่ทำงานอยู่ในระบบอุตสาหกรรมที่จะเรียนรู้โปรแกรมเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะความชำนาญในการใช้โปรแกรม

โปรแกรมเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับงาน CAD/CAM มีหลากหลายโปรแกรมให้เลือกใช้ตามความต้องการและเหมาะสม หนึ่งในโปรแกรมนั้นคือ Master CAM เป็นโปรแกรมที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากโปรแกรมมีความสามารถหลายด้าน จึงเป็นโปรแกรมที่น่าศึกษาเป็นอย่างยิ่งโปรแกรมนี้สามารถออกแบบเป็น 3 มิติและการ Simulation การคำนวณความเร็วรอบ อัตราป้อนได้ภายในตัวโปรแกรมนี้ซึ่งไม่ต้องไปเสียเวลาในการหาโปรแกรมตัวใหม่ นอกจากนี้ยังสามารถแปรงเป็น NC Code สั่งให้เครื่องจักรทำงานตาม NC Code ที่ทำขึ้นมาซึ่งจะเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต

ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาโปรแกรม Master CAM ในส่วนของ Master CAM Mill และ Master CAM Lathe เพื่อช่วยในการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้งานโปรแกรม Master CAM
2. ศึกษาขอบข่ายและคุณสมบัติของ CAM ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง CNC
3. ออก code สำหรับงานกัดและงานกลึงและศึกษาระบบการใช้งานของเครื่อง CNC

1.3 ขอบข่ายของงาน

1. ศึกษาการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Master CAM ทั้งงานกัดและงานกลึง
2. ออกแบบชิ้นงานทั้งงานกัดและงานกลึง
3. ศึกษาขั้นตอนการทำ CAM ทั้งงานกัดและงานกลึงและออก NC code สำหรับการผลิต
4. ทดลองผลิตชิ้นงานจริงโดยเครื่อง CNC
5. สรุปรายงานขั้นสุดท้าย

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ลำดับที่	กิจกรรม	เดือน							
		มิย	กค	สค	กย	ตค	พย	ธค	มค
1.	ศึกษาการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Master CAM ทั้งงานกัดและงานกลึง	▬							
2.	ออกแบบชิ้นงานทั้งงานกัดและงานกลึง		▬						
3.	ศึกษาขั้นตอนการทำ CAM ทั้งงานกัดและงานกลึงและออก NC code สำหรับการผลิต			▬	▬				
4.	ทดลองผลิตชิ้นงานจริงโดยเครื่อง CNC						▬	▬	▬
5.	สรุปรายงานขั้นสุดท้าย								▬

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โปรแกรม Master CAM ในการออกคำสั่งและควบคุมการทำงานของ เครื่อง CNC ทั้งเครื่องกัดและเครื่องกลึง
2. ช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว
3. ช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการทำงาน

บทที่ 2
เครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.1 วิวัฒนาการของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลในอดีตเป็นเครื่องจักรกลแบบง่าย ๆ ที่ต้องการช่างผู้ควบคุมที่มีความชำนาญงานควบคุมการผลิตอย่างใกล้ชิด ค่าความเที่ยงตรงของชิ้นงาน ขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญของช่างผู้ควบคุมเครื่องจักรกลนั้น ๆ เช่นในการตัดเฉือนชิ้นงานของเครื่องจักรกลทั่วไป ช่างผู้ควบคุมจะใช้มือหมุนเพื่อเลื่อนคมตัดให้เคลื่อนที่ไป ซึ่งลักษณะเช่นนี้ช่างผู้ควบคุมจะต้องคอยเฝ้าดูตำแหน่งของคมตัดที่สัมพันธ์กับเส้นรอบรูปบนชิ้นงานที่กำลังตัดเฉือนอยู่ตลอดเวลาและในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของคมตัดช่างผู้ควบคุมจะต้องหมุนมือเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน และคอยสังเกตคมตัดคมตัดเพื่อคอยตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงานกับคมตัด เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ นอกเหนือจากการควบคุมตำแหน่งของชิ้นงานกับเครื่องมือตัดแล้ว ช่างยังต้องควบคุมอัตราป้อนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุชิ้นงานวัสดุเครื่องมือตัดและตำแหน่งของคมตัดอีกด้วย ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาเอาระบบควบคุมแบบง่าย ๆ เข้ามาใช้กับเครื่องจักรกลแต่เป็นระบบที่ควบคุมการทำงานของเครื่องมือให้สามารถทำงานได้เฉพาะอย่างเท่านั้น เมื่อระบบเอ็นซีได้ถูกนำมาเผยแพร่ จึงมีการนำระบบเอ็นซีเข้ามาใช้กับเครื่องจักรกล ทำให้การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องเอ็นซีมีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งเอ็นซีมาจากคำว่า Numerical control หมายถึงการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยระบบตัวเลขและตัวอักษร หรือจะจำกัดความคำว่าเอ็นซี ได้ดังนี้ คือ การเคลื่อนต่าง ๆ ตลอดจนกระทั่งการทำงานอื่น ๆ ของเครื่องจักรกลจะถูกควบคุมโดยรหัสที่ประกอบด้วยตัวเลขตัวอักษรและสัญลักษณ์อื่น ๆ และจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการแต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องเอ็นซีเพื่อให้เหมาะกับลักษณะของงานที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นค่อนข้างจะยุ่งยาก

ภายหลังคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทจนเป็นที่รู้จักกัน จึงได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ร่วมกับระบบเอ็นซี ซึ่งเป็นระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เรียกว่าระบบ ซีเอ็นซี มาจากคำว่า Computerized Numerical control เป็นระบบควบคุมเอ็นซีที่ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงเพิ่มเข้าไปในระบบ ทำให้สามารถจัดการเก็บข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบเอ็นซี และ ประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล ในปัจจุบันเครื่องจักรกลเอ็นซี ส่วนมากจะหมายถึงเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทั้งนี้เพราะว่า ระบบเอ็นซีที่ไม่มีคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบมักไม่นิยมสร้างใช้แล้ว เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลง และมีความยืดหยุ่นพร้อมประสิทธิภาพที่สูงกว่า

2.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรกลเอ็นซีกับเครื่องจักรกลทั่วไป

ความแตกต่างในการใช้เครื่องจักรกลเอ็นซี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลทั่วไปก็คือ การตัดสินใจในการกำหนดขั้นตอนในการทำงานต่าง ๆ จะกระทำเพียงครั้งเดียว กล่าวคือจะกระทำในขั้นตอนการวางแผนและสร้างโปรแกรม สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลเท่านั้น ต่อจากนั้นโปรแกรมก็จะถูกนำไปใช้ในการทำงานของเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตชิ้นงานที่ต้องการ โดยสามารถทำการผลิตงานซ้ำ ๆ กันกี่ครั้งก็ได้ตามต้องการ

นอกจากโปรแกรมการทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนการวางแผนการทำงานที่ได้จัดเตรียมการทำงานทุกขั้นตอน ตลอดจนการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซียังช่วยลดเวลาการทำงานอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น การลดเวลาการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับตำแหน่งของชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบในการทำงาน เป็นต้น

2.3 ความแตกต่างระหว่างระบบเอ็นซีกับระบบซีเอ็นซี

ความแตกต่างระหว่างระบบเอ็นซีกับระบบซีเอ็นซีก็จะอยู่ที่ความสามารถของระบบควบคุมนั่นคือ คอมพิวเตอร์ เมื่อนำระบบซีเอ็นซีไปควบคุมเครื่องจักรกล ความสามารถในการทำงานต่าง ๆ จะเพิ่มมาดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลเอ็นซีดังนี้

1. การแสดงรูปจำลอง (Simulation) การทำงานตามโปรแกรมที่ป้อนในระบบจอภาพ
2. ความจุของหน่วยความจำเพิ่มมากขึ้น สามารถเก็บข้อมูลโปรแกรมได้มาก
3. การแก้ไขและลบโปรแกรมสามารถกระทำได้ที่เครื่องจักรโดยตรง
4. สามารถส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกได้
5. ระบบความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น
6. มีการชดเชยความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดและการส่งกำลัง
7. มีโปรแกรมสำเร็จสำหรับการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อน เป็นต้น

2.4 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี

2.4.1 ข้อดีของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี

1. มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง การเปลี่ยนงานใหม่จะแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเฉพาะโปรแกรมเท่านั้น
2. ความเที่ยงตรง (Accuracy) จะอยู่ช่วงระดับเดียวกันตลอดช่วงความเร็วรอบและอัตราการป้อนที่ใช้ทำการ ผลิต
3. ใช้เวลาในการผลิต (Production Time) สั้นกว่า
4. สามารถใช้ผลิตชิ้นงานที่มีรูปทรงซับซ้อนได้ง่าย
5. การปรับตั้งเครื่องจักรกระทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อยกว่าการผลิตด้วยวิธีอื่น ๆ
6. หลีกเลี่ยงความจำเป็นที่ต้องใช้ช่างควบคุมที่มีทักษะและประสบการณ์สูง
7. ช่างควบคุมเครื่องมีเวลาว่างจากการควบคุมเครื่อง สามารถที่จะจัดเตรียมงานอื่น ๆ ไว้ล่วงหน้าได้
8. การตรวจสอบคุณภาพไม่จำเป็นต้องกระทำทุกขั้นตอนและทุกชิ้น

2.4.2 ข้อเสียของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี

1. ราคาของเครื่องจักรค่อนข้างสูง
2. การบำรุงรักษามีความซับซ้อนมาก
3. จำเป็นต้องใช้ช่างเขียนโปรแกรม (Part Programmer) ที่มีทักษะสูงและอบรมมา โดยเฉพาะ
4. ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุง ไม่สามารถผลิตในประเทศ จำเป็นต้องสั่ง ซื้อ
5. การซ่อมบำรุงจะต้องใช้ช่างที่มีประสบการณ์สูงและผ่านการฝึกอบรมมาโดยเฉพาะ
6. ราคาของเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการตัดเฉือน เช่น แกนเพลายึดมีดกัด มีดกลึงแบบใช้อินเสิร์ต (Insert) เป็นต้นมีราคาสูง
7. พื้นที่ติดตั้งเครื่องจักรต้องควบคุมระดับอุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่นละออง

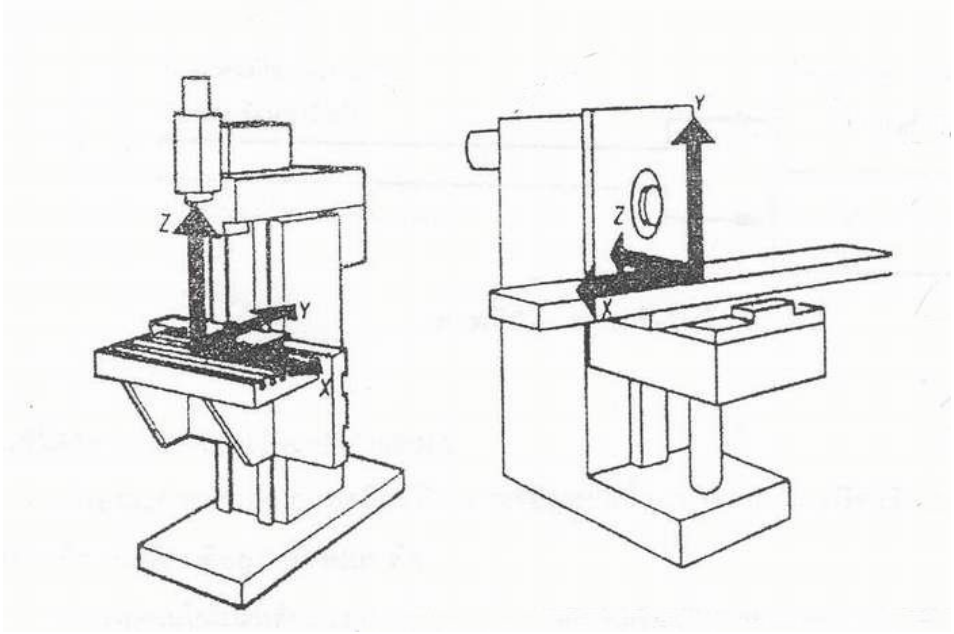
2.5 การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซี

ระบบการควบคุมของเครื่องจักรจะรับข้อมูลที่เป็นภาษาที่ระบบควบคุมสามารถเข้าใจได้จะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมเครื่องผ่านแป้นพิมพ์ (Keyboard)

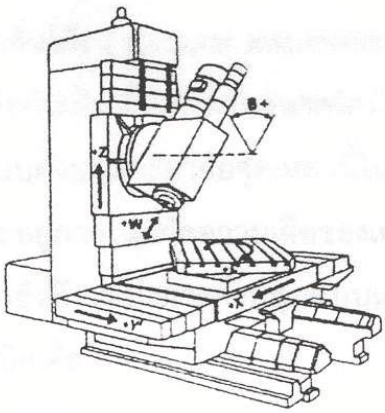
เมื่อระบบควบคุมอ่านข้อมูลที่ป้อนเข้าไปแล้วก็จะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงานโดยผ่านการควบคุมไปยังมอเตอร์ เครื่องจักรเอ็นซีจะมีการเคลื่อนที่ 3 แนวแกนก็จะมีมอเตอร์ป้อน 3 ตัว

เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้ว ก็จะเปลี่ยนรหัสโปรแกรมนั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และส่งไปยังภาคขยายสัญญาณของระบบขับ และส่งไปยังมอเตอร์ป้อนแนวแกนที่ต้องการเคลื่อนที่ความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นจะถูกควบคุมโดยระบบวัดขนาด (Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Linear Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกน ในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใด

เครื่องจักรเอ็นซี (NC milling Machines) เป็นเครื่องจักรที่มีขอบข่ายการทำงานค่อนข้างกว้างสามารถทำงานกัดเช่นเดียวกับเครื่องกัดทั่วไป และยังสามารถทำงานอื่น ๆ เช่น เจาะรู, ทำเกลียว, คว้านรู, ได้อีกด้วย เครื่องกัดเอ็นซีจะมีแนวแกนการควบคุมตั้งแต่ 3 แกน 4 แกน 5 แกน หรือมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2



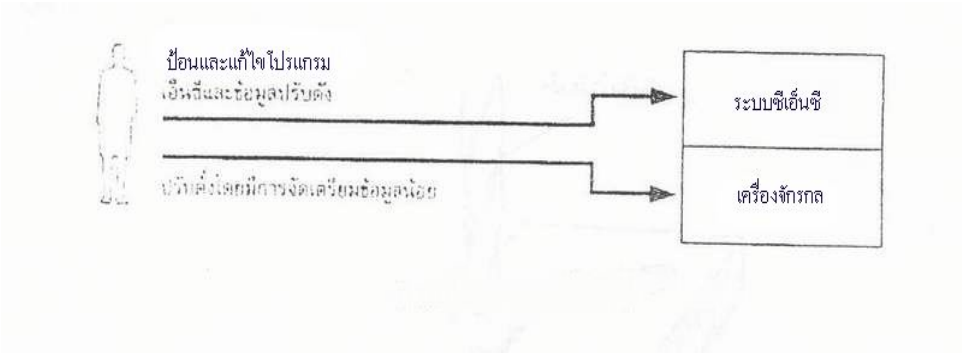
รูปที่ 2.1 เครื่องกัด CNC แบบ 3 แกน



รูปที่ 2.2 เครื่องกัด CNC แบบแกนที่เอียงเพลามีดได้และมีโต๊ะงานหมุน

2.6 ระบบควบคุมซีเอ็นซี (CNC Control)

ระบบซีเอ็นซี (CNC System) จะมีคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้น ช่างควบคุมเครื่องไม่เพียงแต่จะใช้โปรแกรมเอ็นซีให้เครื่องจักรทำงานได้เท่านั้น แต่จะสามารถเขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตัวเองตลอดจนการแก้ไขโปรแกรมได้หลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องแล้ว ดังรูปที่ 2.3 เป็นไดอะแกรมของการควบคุมระบบ ซีเอ็นซี



รูปที่ 2.3 ระบบซีเอ็นซี

2.7 ชนิดของการควบคุม (Control Modes)

ลักษณะการควบคุมการเคลื่อนที่ทำวานของแท่นเลื่อนต่าง ๆ ในเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะมีการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear interpolation หรือ Straight-line interpolation)

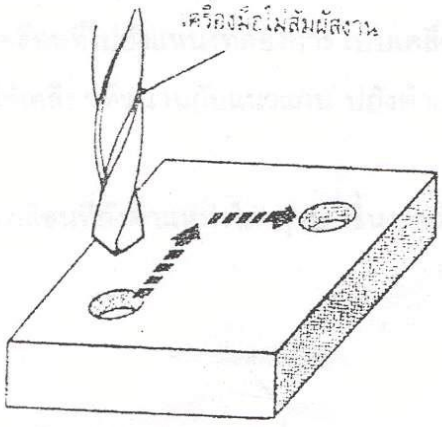
การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ ระบบซีเอ็นซีจะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่าง ๆ ที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ในแนวเส้นตรงระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือ 2 ตำแหน่ง ในขณะเครื่องมือเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ระบบควบคุมซีเอ็นซีจะตรวจสอบและแก้ไขแนวแกนในการเคลื่อนที่ให้ถูกต้องอยู่ตลอดเวลาทำให้การเคลื่อนของเครื่องมือไม่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนออกจากจุดต่อของเส้นตรงมากกว่าค่าพิกัดความเผื่อของเครื่องที่กำหนดไว้

การเคลื่อนในแนวเส้นโค้ง (Circular interpolation) ระบบควบคุมซีเอ็นซี จะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่าง ๆ ที่ต่อกันเป็นเส้นโค้งตามขนาดรัศมีที่กำหนดระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือที่กำหนดไว้ 2 ตำแหน่งระบบควบคุมจะอาศัยจุดเหล่านี้ในการตรวจสอบและแก้ไขแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้ถูกต้องและอยู่ภายในพิกัดความเผื่อของเครื่องจักรกลที่กำหนด

เคลื่อนที่ป้อนออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.7.1. การควบคุมจุดต่อจุด (Point to point control)

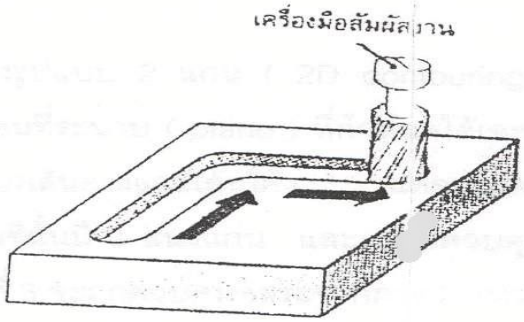
การควบคุมแบบนี้จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือระหว่างจุดสองจุดที่โปรแกรมไว้ในลักษณะการเคลื่อนที่เร็ว (Rapid traverse) โดยที่เครื่องมือจะต้องไม่สัมผัสชิ้นงาน แนวแกนในการเคลื่อนที่ชิ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุม กล่าวคือ มอเตอร์ขับของระบบป้อนจะเริ่มทำงานหลาย ๆ แนวแกนพร้อมกัน หรือทำงานทีละแนวแกน จนกว่าจะเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของเครื่องมือที่โปรแกรมไว้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมทางเดินของเครื่องมือ (Tool path) ได้ การควบคุมแบบจุดต่อจุดมักจะใช้กับเครื่องเจาะ (Drilling machine) เครื่องเชื่อมจุด (Spot welding) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การควบคุมแบบจุด

2.7.2 การควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรง (Straight-cut controls)

การควบคุมชนิดนี้ นอกจากจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือแบบเคลื่อนที่เร็วได้แล้วยังสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแนวขนานกับแนวแกนของเครื่องจักรกลตามค่าอัตราป้อนที่ต้องการได้อีกด้วย แต่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ครั้งละ 1 แนวแกนเท่านั้น การเคลื่อนที่ของเครื่องมือจะถูกควบคุมด้วยอัตราการป้อนและความยาวในการเคลื่อนที่ ระบบการควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรงชนิดนี้จะใช้กับเครื่องกัดและเครื่องกลึงแบบง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบเส้นตรง

2.7.3 การควบคุมตามเส้นของรูป (Contouring controls)

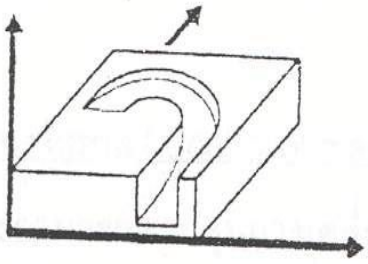
การควบคุมแบบนี้จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทำงานเหมือนดังรูปที่ 2.6 ได้ดังนี้

1. ควบคุมเครื่องมือที่เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแบบเคลื่อนที่เร็วได้
2. ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ขนานกับแนวแกนไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามค่าอัตราการป้อน
3. ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ยังตำแหน่งใด ๆ บนชิ้นงานที่กำหนดในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งตามค่าอัตราป้อนได้

รูปที่ 2.6 การควบคุมเส้นตามขอบ

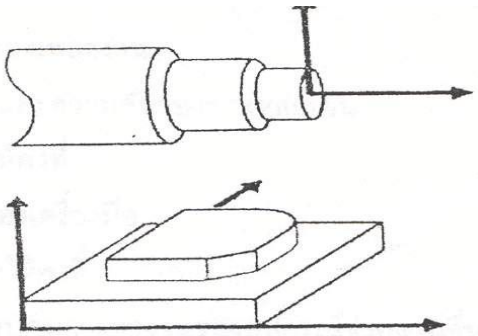
การควบคุมตามเส้นของรูปนี้ ยังสามารถแยกย่อยได้อีกเป็น 3 ระดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบควบคุม คือ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือได้ 2 หรือ 3 แกนพร้อม ๆ กัน โดยไม่คำนึงถึงว่าเครื่องจักรกลซีเอ็นซีนั้น ๆ จะมีกี่แนวแกน จุดสำคัญจะอยู่ที่ว่าจะสามารถควบคุมแนวแกนป้อนให้พร้อม ๆ กันกี่แนวแกน ระบบความสามารถทั้งสามระดับของระบบควบคุม มีรายระเอียดดังนี้

การควบคุมแบบเส้นของรูปแบบ 2 แกน (2-D contouring control) ระบบควบคุมจะสามารถควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ระนาบ (plane) ที่กำหนดได้เฉพาะ 2 แนวแกนพร้อม ๆ กันทำใช้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวเส้นตรงและเส้นโค้ง แต่จะไม่สามารถเปลี่ยนระนาบในการทำงานได้ ถ้าเครื่องจักรกลซีเอ็นซีนั้นมี 3 แนวแกน และระบบควบคุมเป็นระบบการควบคุมตามเส้นของรูป 2 แกนแล้ว แนวแกนที่ 3 จะถูกควบคุมอิสระจากการ 2 แนวแกนข้างต้น เช่น เครื่องกัด (Milling Machine) จะใช้แนวแกนหนึ่งสำหรับการเคลื่อนที่ป้อนลึก ส่วนอีก 2 แนวแกน จะใช้สำหรับการเดินกัดตามเส้นของรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การควบคุมตามเส้นขอบรูป 2 แกน

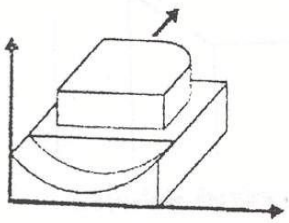
การควบคุมตามเส้นของรูปแบบ 2 แกนครึ่ง (2-D Contouring control) ระบบควบคุมแบบนี้จะควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ให้แนวเส้นตรงและเส้นโค้งบนระนาบใด ๆ ที่ต้องการได้ แต่ จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้เพียง 2 แนวแกนพร้อมกันเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกนครึ่ง

สำหรับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมี 3 แนวแกน คือ X, Y และ Z แนวแกนคู่ใดคู่หนึ่ง คือ Y/Z หรือ X/Z จะสามารถควบคุมให้เคลื่อนที่พร้อมกันได้ นั่นหมายความว่า สำหรับเครื่องกัด การเคลื่อนที่ป้อนกินลึก (In-feed) สามารถทำในแนวแกนใด ๆ ได้ทั้ง 3แนวแกน ส่วนอีก 2 แนวแกนที่เหลือจะใช้สำหรับเดินกัดตามเส้นขอบรูป

การควบคุมตามเส้นของรูปแบบ 3 แกน (3-D Contouring control) ระบบควบคุมจะสามารถควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งได้พร้อมกันทั้ง 3 แนวแกน เป็นลักษณะ 3 มิติได้ ทิศทางควบคุมดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การควบคุมตามเส้นของรูปแบบ 3 แกน

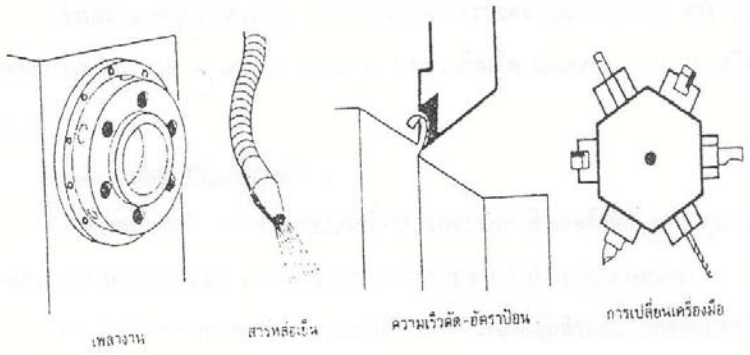
2.8 การควบคุมหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรกล (Control of machine function)

ระบบควบคุมซีเอ็นซีนอกจากจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตามรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานแล้ว ยังสามารถควบคุมหน้าที่การทำงานอื่น ๆ ที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนของเครื่องจักรกลให้

เหมาะสมกับสภาวะ การทำงานในขณะนั้นได้อีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.10 จำนวนหน้าที่การทำงานและวิธีการควบคุมจะไม่ขึ้นอยู่กับตัวเครื่องจักรกลเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับระบบควบคุม

ตัวอย่างหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องโปรแกรมเพื่อช่วยในการทำงาน

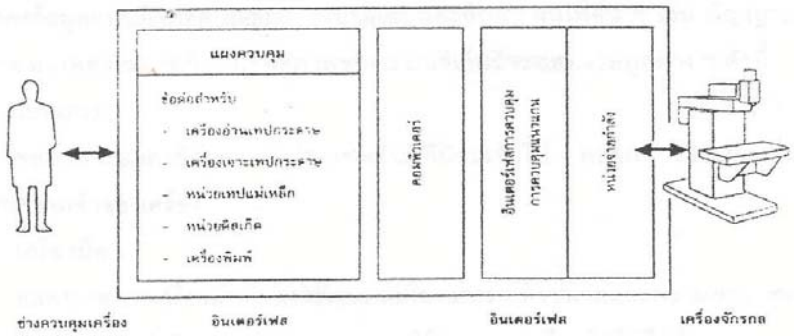
1. การเริ่มหมุนของเพลางาน ทิศทางการหมุนและเปลี่ยนความเร็วรอบ
2. การกำหนดตำแหน่งของเพลางาน
3. การเปิดสารหล่อเย็น และความดันของสารหล่อเย็น
4. การรักษาอัตราป้อนให้คงที่
5. การเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องมือ
6. การรักษาความเร็วตัดให้คงที่
7. การเริ่มทำวานหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ช่วยงานอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ เปลี่ยนชิ้นงาน ได้แก่ โต๊ะเปลี่ยนงาน (pallet shuttle) เป็นต้น
8. ชุดยันศูนย์ท้ายแท่น (Tail- stock)
9. อุปกรณ์ใส่และถอดชิ้นงาน (loader and unloader)
10. แท่นประคองศูนย์ (Steady rest)
11. อุปกรณ์ลำเลียงเศษ (chip conveyor)
12. Sorter



รูปที่ 2.10 หน้าที่การทำงานของเครื่องจักรกล

2.9 องค์ประกอบของระบบควบคุมซีเอ็นซี (CNC Control system components)

ระบบซีเอ็นซีจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ มากมาย ถ้าเราพิจารณาถึงสิ่งที่เราต้องการให้ระบบสามารถทำได้ เราจะสามารถแสดงให้เห็นองค์ประกอบของระบบซีเอ็นซีด้วยไดอะแกรมง่าย ๆ ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบของระบบควบคุม CNC

หัวใจของระบบซีเอ็นซีก็คือ คอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการคำนวณทั้งหมดและเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นเหตุและผล เนื่องจากระบบซีเอ็นซีเป็นองค์ประกอบที่เชื่อมโยงระหว่างช่างควบคุมเครื่องกับเครื่องจักรกล จึงจำเป็นต้องมีชุดอินเตอร์เฟส (Inter-face) อยู่ 2 ชุด ด้วยกันคือ อินเตอร์

2.9.1 ช่างควบคุมชุดเฟสสำหรับเครื่อง

ซึ่งประกอบด้วยแผงควบคุม (Control pane) และข้อต่อ (connections) ต่าง ๆ สำหรับเครื่องอ่านเทปกระดาษ (magnetic tape unit) หน่วยดิสเก็ต (Diskette unit) และเครื่องพิมพ์ (printer)

2.9.2 ชุดอินเตอร์เฟสสำหรับเครื่องจักรกล

องค์ประกอบหลักของชุดอินเตอร์เฟสนี้จะประกอบด้วย อินเตอร์เฟสการควบคุม (Control interface) การควบคุมแนวแกน (axis control) และหน่วยจ่ายกำลัง (power supply)

รายละเอียดของหมวดการทำงานและวิธีการทำงานของคอมพิวเตอร์ ตลอดจนชุดอินเตอร์เฟสทั้งสอง มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

2.10 แผงควบคุม (Control panel)

แผงควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีซีโดยทั่วไปจะมีลักษณะการออกแบบที่แตกต่างกันในส่วนที่เกี่ยวกับรูปแบบการวางตำแหน่งของปุ่มควบคุมต่าง ๆ จำนวนของปุ่มควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 2.13 แต่ก็จะมีองค์ประกอบที่ควบคุมการทำงานกว้าง ๆ ดังนี้

จอภาพ (Displays) หรือส่วนแสดงข้อมูล

ในส่วนนี้จะประกอบด้วย จอภาพซีอาร์ที (CRT Screen; Cathode Ray Tube = CRT) ในส่วนแสดงข้อมูลแบบดิจิตอล digital displays และสัญญาณไฟอื่น ๆ เช่น สัญญาณไฟแสดงข้อผิดพลาด ดังแสดงในรูปที่ 2.12 จอภาพของระบบซีเอ็นซีจะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

โปรแกรม :

จอภาพจะแสดงข้อมูลของโปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนเข้าไป ตลอดจนโปรแกรมที่เก็บบันทึกอยู่ในระบบความจำของเครื่อง

เครื่องมือ :

แสดงรายการเครื่องมือที่ต้องใช้ในแต่ละโปรแกรม ทั้งขนาดและความยาว ตลอดจนค่าแก้ไขให้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังสามารถแสดงอายุการใช้งานของเครื่องมือได้อีกด้วย

ข้อมูลเครื่องจักรกล :

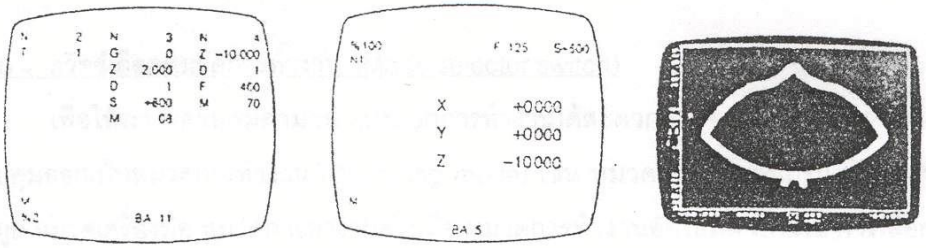
แสดงพารามิเตอร์ของเครื่องจักรกล เช่น ความเร็วรอบสูงสุดของเพลางาน อัตราป้อนสูงสุด เป็นต้น

การตัดเฉือน :

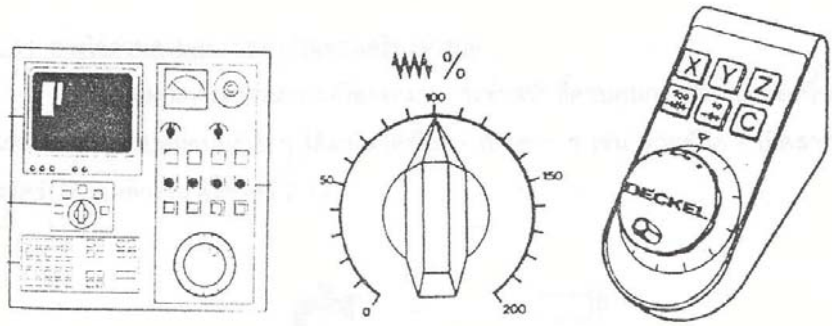
แสดงตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องมือ บล็อก (Block) ของโปรแกรมที่ใช้ขณะนั้น ค่าอัตราป้อน (F) ความเร็วรอบ (S) เป็นต้น

การทำงานอื่น ๆ:

แสดงรูปการทำงานของเครื่องมือตามโปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนไว้ (Simulation) เป็นต้น



รูปที่ 2.12 ข้อมูลแสดงบนจอภาพ



รูปที่ 2.13 แผงควบคุมระบบซีเอ็นซี

2.11 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องจักร (Control for operating machine)

ในส่วนนี้จะถูกจัดเตรียมสำหรับการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลด้วยมือ (Manual control) ซึ่งจะมีปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนในแนวแกนต่าง ๆ มือหมุนเลื่อนแท่นเลื่อนเช่นเดียวกับเครื่องจักรกลทั่วไป ปุ่มสวิตซ์เปิด/ปิดสารหล่อเย็น ปุ่มปรับความเร็วรอบ/อัตราป้อน เป็นต้น

2.12 ส่วนควบคุมการโปรแกรม (Control for programming)

ในส่วนนี้จะใช้สำหรับการป้อน แก้ไข และเก็บบันทึกโปรแกรมและข้อมูลอื่น ๆ ส่วนควบคุมการโปรแกรมจะประกอบด้วย แป้นพิมพ์ (Key board) ที่มีทั้งตัวอักษรและตัวเลข สำหรับพิมพ์คำสั่งต่าง ๆ

2.13 สวิตซ์เลือกหมวดการทำงาน (Mode selector switch)

เพื่อให้ระบบควบคุมสามารถแบ่งแยกการทำงานได้สะดวก จึงแบ่งการทำงานของระบบควบคุมออกเป็นหมวดการทำงาน (Operating mode) เช่น หมวดการทำโปรแกรม หมวดการป้อนข้อมูล หมวดเครื่องมือ หมวดการทำงานด้วยมือ หมวดการทำงานอัตโนมัติ เป็นต้น การเลือกหมวดการทำงานจะใช้สวิตซ์หมุน (Rotary switch) หรือแถวของปุ่มควบคุม (Row of buttons) บนแผงควบคุม วิธีนี้ทำให้สามารถเปลี่ยน

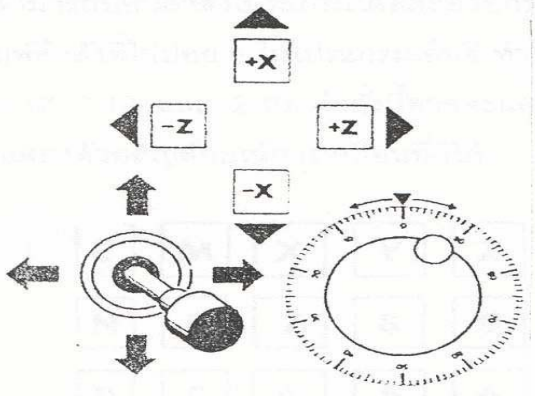
การทำงานจากหมวดหนึ่งไปยังอีกหมวดหนึ่งได้ง่าย ในขณะที่งานบนจอภาพหรือส่วนแสดงข้อมูลแบบดิจิตอลจะแสดงหมวดการทำงานที่ใช้อยู่ ซึ่งอาจเป็นสัญญาณไฟ ตำแหน่งของสวิตช์ หรือตัวอักษรกับตัวเลขก็ได้

2.13.1 การใช้ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล

ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลโดยตรง ส่วนควบคุมแบบง่าย ๆ ได้แก่ สวิตช์ปิด-เปิดต่าง ๆ เช่น สวิตช์ปิด-เปิดสารหล่อเย็น สวิตช์-เปิดเพลางาน ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 สวิทช์เปิด-ปิด

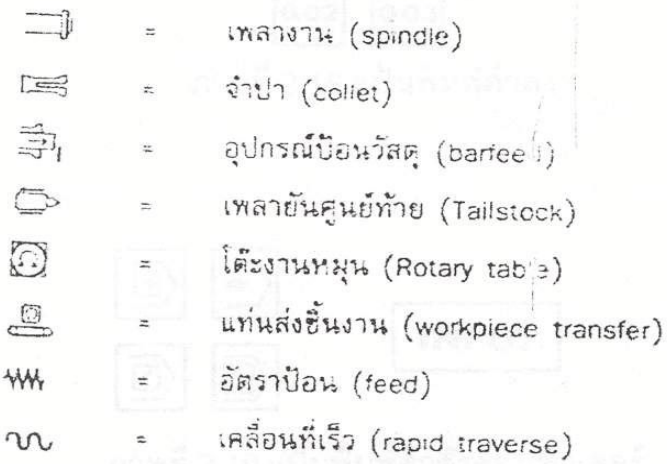
นอกจากนี้ ยังมีปุ่มควบคุมทางการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนในแกนต่าง ๆ สำหรับใช้ในการปรับตำแหน่งของชิ้นงานและเครื่องมือ ซึ่งอาจทำเป็นปุ่มเลื่อนป้อน (Feed buttons) หรือคันโยกป้อน (Feed joystick) หรือปุ่มมือหมุนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic hand wheel) ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ปุ่มเลื่อนแท่นเลื่อน

ส่วนคันโยกเลื่อนป้อนจะทำงานเหมือนกับปุ่มเลื่อนป้อน แต่แทนที่จะใช้วิธีกดปุ่มให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่จะใช้วิธีโยกคันโยกไปในทิศทางและแนวแกนที่ต้องการแทน

อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีโดยมากจะชี้แสดงด้วยสัญลักษณ์กำกับอยู่ สัญลักษณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน ซึ่งมักจะอธิบายไว้ในหนังสือหรือตำราต่าง ๆ ตัวอย่างสัญลักษณ์เหล่านี้แสดงดังรูปที่ 2.16

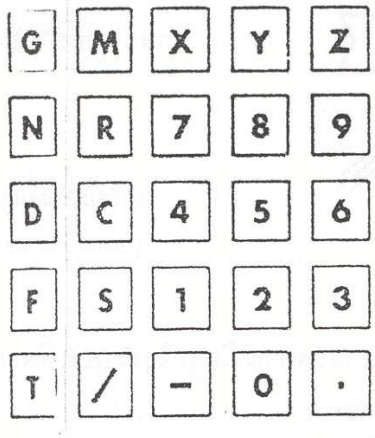


รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

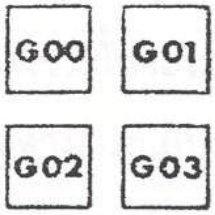
2.13.2 การใช้ส่วนควบคุมสำหรับการโปรแกรม

ในส่วนควบคุมสำหรับการใช้โปรแกรม จะแยกความแตกต่างระหว่างแป้นพิมพ์ข้อมูล เช่น คำสั่งโปรแกรม ข้อมูลการปรับตั้ง เป็นต้น กับแป้นพิมพ์ที่นำเข้าสู่การทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์

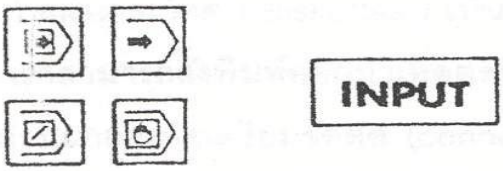
ในการป้อนข้อมูล (Data input) โดยปกติจะใช้แป้นพิมพ์ตัวอักษรกับตัวเลขแบบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ซึ่งสามารถป้อนคำสั่งโปรแกรมได้ทีละตัวอักษร นอกจากนี้ในระบบควบคุมบางแบบจะมีชุดของแป้นพิมพ์คำสั่งที่ใช้บ่อย ๆ ในโปรแกรมเอ็นซี ทำให้ประหยัดเวลาในการป้อนข้อมูลลง ดังแสดงในรูปที่ 2.17 2.18 และ 2.19 คำสั่งนี้อาจจะแสดงด้วยรหัสคำสั่งนั้นโดยตรง เช่น G00, G01 เป็นต้น หรือแสดงด้วยสัญลักษณ์การเคลื่อนที่ก็ได้



รูปที่ 2.17 แป้นพิมพ์ตัวเลขและตัวอักษร



รูปที่ 2.18 แป้นพิมพ์คำสั่ง



รูปที่ 2.19 แป้นพิมพ์คำสั่งคอมพิวเตอร์

แป้นพิมพ์คำสั่งคอมพิวเตอร์จะใช้สำหรับการป้อนข้อมูล การเก็บข้อมูล การแก้ไขข้อมูล การแสดงรายละเอียดข้อมูล ประมวลผลโปรแกรม ตลอดจนการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอกแป้นพิมพ์เหล่านี้อาจจะแสดงด้วยคำต่าง ๆ ตัวย่อ หรือ สัญลักษณ์

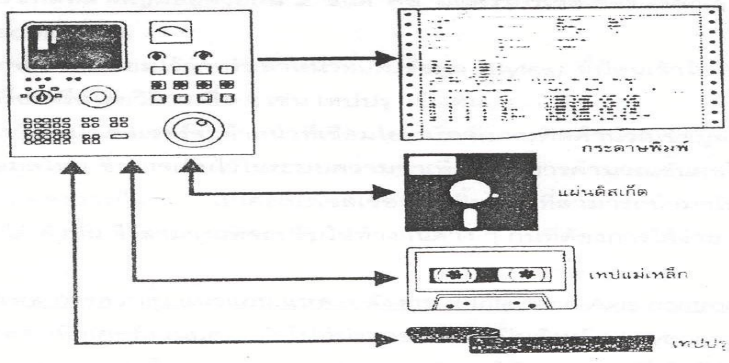
ตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับการควบคุมการใช้โปรแกรมแสดงดังรูป 2.20

รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์ในการควบคุมโปรแกรม

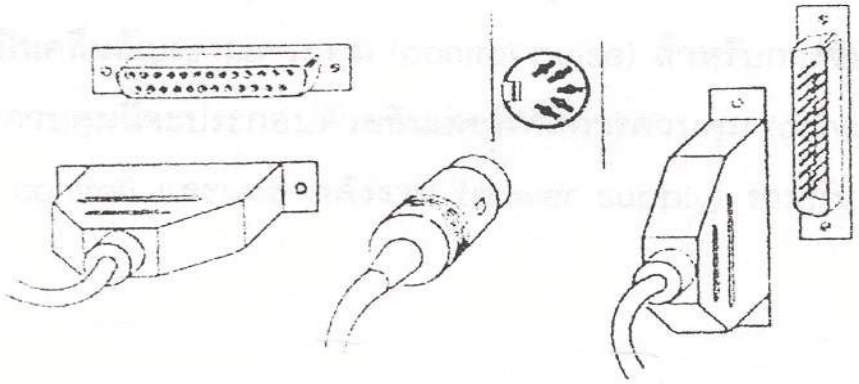
อุปกรณ์ช่วยงานภายนอก

โปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจนเต็มความจุของระบบความจำแล้วจะต้องลบข้อมูลโปรแกรมนั้นออก มิเช่นนั้นจะไม่สามารถป้อนข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีใหม่เข้าไปได้ หรือระบบความจำของชุดควบคุมที่สามารถเก็บบันทึกโปรแกรมได้เพียงโปรแกรมเดียว เมื่อต้องการทำงานใหม่ที่ต้องใช้โปรแกรมใหม่ต้องลบโปรแกรมเก่าออก ซึ่งการป้อนโปรแกรมในแต่ละครั้งจะเสียเวลาค่อนข้างมาก โดยเฉพาะโปรแกรมที่มีความยาวมาก ๆ ดังนั้น จึงมีอุปกรณ์เก็บข้อมูลและส่งถ่าย เช่นรูปที่ 2.21 ซึ่งสามารถที่จะเก็บและส่งโปรแกรมเอ็นซีเข้าเทปแม่เหล็ก (Magnetic tape cassettes) แผ่นดิสเก็ต (diskettes) เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมเอ็นซีที่เก็บบันทึกไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลเหล่านี้ เราสามารถสั่งพิมพ์ออกมาเพื่อตรวจสอบ แก้ไข เพิ่มเติมข้อมูลได้

ระบบควบคุมเอ็นซีส่วนมากจะจัดเตรียมข้อต่อ (Connection) ไว้ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับอุปกรณ์เก็บข้อมูลเหล่านี้ได้ ตัวอย่างดังรูปที่ 2.22



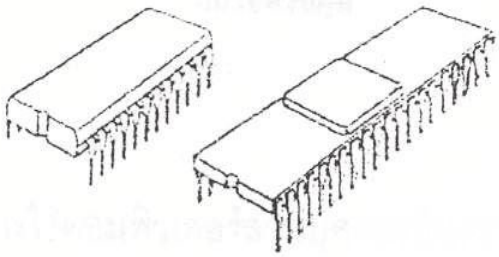
รูปที่ 2.21 การส่งถ่ายข้อมูลไปยังอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบต่าง ๆ



รูปที่ 2.22 ตัวอย่าง Port สำหรับต่อข้อมูลแบบต่าง ๆ

2.14 การทำงานของคอมพิวเตอร์

ชิ้นส่วนภายในคอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซี จะประกอบด้วยวงจรอินทิเกรทเซมิคอนดัคเตอร์ (Integrated semi-conductor circuits) โดยทั่วไปแล้วชิ้นส่วนเหล่านี่จะหมายถึง ไมโครชิพส์ (Microchips) หรือ ชิพส์ (Chips) หรือ ไอซี (ICs) ที่มีรูปคล้ายรูปร่างคล้ายคลึงกับรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างไมโครชิพส์หรือไอซี

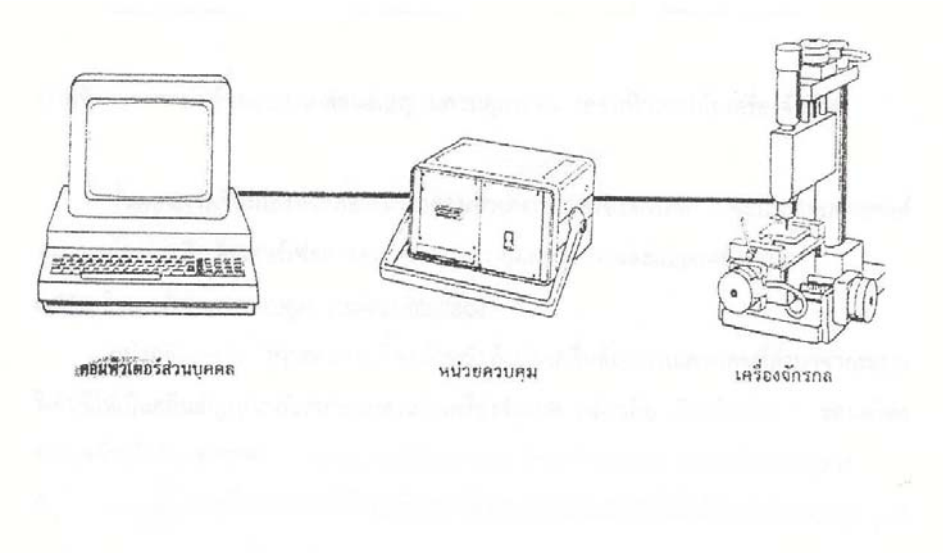
ไมโครชิพส์ที่สำคัญมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ไมโครโปรเซสเซอร์ (Micro-processors) กับสโตเรจ (Storage)

สโตเรจจะจัดเตรียมไว้สำหรับทำหน้าที่เก็บข้อมูล (Bytes) ที่ป้อนเข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยช่าง ควบคุมเครื่องหรือโดยวิธีการอื่น ๆ เช่น เทปปรุ เป็นต้น

ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์จะทำหน้าที่เชื่อมโยงหรือจัดการคิดคำนวณข้อมูลเหล่านี้ ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจเก็บไว้ในระบบความจำเพื่อใช้ในการคำนวณขั้นต่อไป หรือส่งผลออกมาเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นชิ้นส่วนที่สามารถนำมาโปรแกรมให้ทำงานตามที่ต้องการได้ ดังนั้น จึงสามารถที่จะปรับให้ทำงานต่าง ๆ กันที่ต้องการได้ง่าย

2.14.1 อินเตอร์เฟส-การควบคุมแนวแกน-แหล่งพลังงาน (Interface-Axis control-Power supply)

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไปที่ประกอบด้วยแป้นพิมพ์ (Keyboard) หน่วยคำนวณ (Computer) หน่วยความจำ (Memory) สามารถนำมาใช้แทนระบบซีเอ็นซีสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลที่มีหน้าที่ทำงานต่าง ๆ ได้ โดยมีหน่วยควบคุม (Control unit) ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องจักรกล หน่วยควบคุมนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลที่คำนวณได้จากคอมพิวเตอร์ให้เป็นคลื่นสัญญาณควบคุม (control pulse) สำหรับการขับป้อนแนวแกนต่าง ๆ ในระบบซีเอ็นซีหน่วยควบคุมนี้จะประกอบด้วยอินเตอร์เฟสการควบคุม (control interface) การควบคุมแนวแกน (axis control) และแหล่งพลังงาน (power supply) รวมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 การใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเป็นระบบซีเอ็นซี

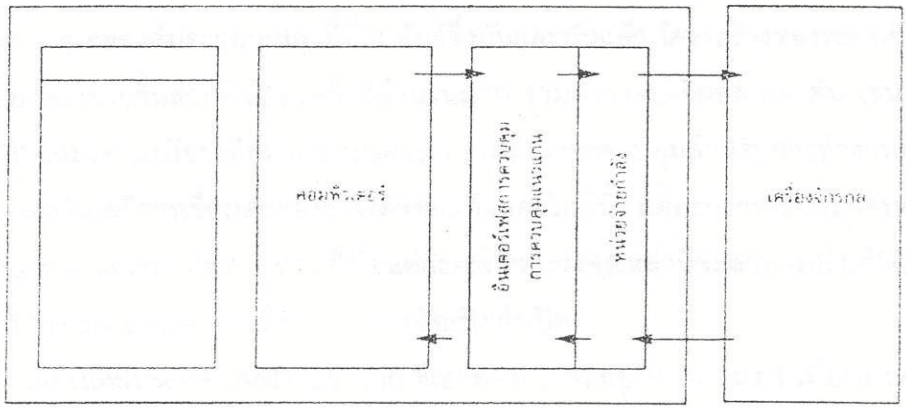
โดยทั่วไปหน่วยอินเตอร์เฟสจะเป็นหน่วยที่แยกออกมาจากระบบซีเอ็นซีสามารถทำการโปรแกรมได้อิสระ ซึ่งหมายความว่า การเชื่อมโยงกันของหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลอย่างสมเหตุสมผล จะกระทำได้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์

การโปรแกรมหน่วยอินเตอร์เฟสนี้จะกระทำโดยบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรกล ซึ่งจะเป็นโปรแกรมที่ตายตัว ไม่สามารถปรับปรุงหรือแก้ไขโดยผู้ใช้เครื่องจักรได้

สำหรับอินเตอร์เฟสการควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้โดยอิสระ จะมีชื่อเรียกย่อ ๆ ว่า PC Programmable Control)

คอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีไม่สามารถที่จะควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลได้โดยตรง

จำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนการเชื่อมโยงสำหรับการเปลี่ยนแปลงคลื่นสัญญาณระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องจักรกล รูปที่ 2.25 จะแสดงไดอะแกรมการควบคุมระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องจักรกล



รูปที่ 2.25 การเปลี่ยนแปลงเคลื่อนสัญญาณควบคุมระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องจักรกล

ขั้นตอนการเชื่อมโยงที่จุดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องจักรกล จะประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ ๆ คือ อินเตอร์เฟสการควบคุมการควบคุมแนวแกน และแหล่งพลังงาน

2.14.2 อินเตอร์เฟสการควบคุม (Control interface)

อินเตอร์เฟสการควบคุมนี้จะทำหน้าที่แปลงคลื่นสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากระบบซีเอ็นซีให้เป็นคลื่นสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรกล กล่าวคือ เงื่อนไขต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลที่จะได้รับผลกระทบจากสัญญาณควบคุม จะถูกนำมาพิจารณาประกอบด้วยตัวอย่าง สัญญาณควบคุมให้ชุดขับแกน X ทำงานถูกส่งมาจากระบบซีเอ็นซี หน่วยอินเตอร์เฟสการควบคุมก็จะเริ่มทำการตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ว่าเหมาะสมหรือไม่ เช่น

1. ฝาครอบป้องกันพื้นที่ทำงานปิดหรือยัง ?
2. กลไกแมคคานิกส์ของมือหมุนถูกปลดหรือยัง ?
3. ระบบไฮดรอลิกส์เปิดทำงานหรือยัง ?

เมื่อผลการตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นที่พอใจแล้ว ชุดขับแกน X ก็จะสามารถเริ่มทำงานได้ ซึ่งในขณะเดียวกันการทำงานอื่น ๆ ที่สัมพันธ์ก็จะเริ่มพร้อม ๆ กันด้วย เช่น หลอดไฟสัญญาณการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ติดสว่างขึ้น เป็นต้น

2.14.3 การควบคุมแนวแกน (axis control)

หน่วยควบคุมแนวแกนจะมีหน้าที่ช่วยให้การทำงานร่วมกันของระบบวัดขนาดและระบบขับป้อนกับคอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีง่ายยิ่งขึ้น โดยจะทำการปรับสภาพการทำงานให้สอดคล้องสัมพันธ์กันอย่างอิสระและเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

2.14.4 การกำหนดตำแหน่งแนวแกน (Axis positioning)

หากไม่คำนึงถึงองค์ประกอบพิเศษต่าง ๆ ที่ประกอบกันอยู่ในระบบซีเอ็นซีและหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ขององค์ประกอบเหล่านี้ที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกันแล้ว โครงสร้างของระบบซีเอ็นซีโดยทั่วไปจะประกอบด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก รวมทั้งวงจรดิจิตอลเบื้องต้น เช่น วงจร AND วงจร OR และวงจรเปรียบเทียบ (comparison) รวมถึงวงจรควบคุมสำหรับการทำงานอื่น ๆ ด้วย

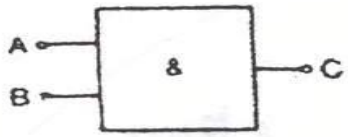
เทคโนโลยีการเชื่อมต่อของวงจรดิจิตอลที่แสดงในที่นี้ แต่ละวงจรจะประกอบด้วย อินพุท (Input) 2 ทาง และเอาท์พุท (Output) 1 ทาง ซึ่งในแต่ละกรณีของวงจรเหล่านี้จะสามารถรับตำแหน่งของเลขฐานสอง (binary status) ได้ เป็น 1 กับ 0 (หรือปิดกับเปิด)

ในกรณีที่เป็นวงจร AND บิท (Bit) ที่เอาท์พุท C จะอยู่ในตำแหน่งหนึ่ง เมื่อบิทของอินพุทที่ A และB เป็นหนึ่งทั้งสองทาง

ในกรณีที่เป็นวงจร OR บิทที่เอาท์พุท C จะเท่ากับ 1 เมื่อบิทที่อินพุท A และ B อย่างน้อย 1 ทาง เท่ากับ 1

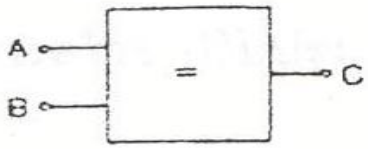
ในวงจรเปรียบเทียบ (Comparison link) บิทที่เอาท์พุท C จะเท่ากับ 1 เมื่อบิทที่อินพุท A และ B ทั้งสองทางเท่ากับ 1 หรือ เท่ากับ 0

การเชื่อมต่อของบิทอินพุททั้งสองทางคือ A และ B กับบิทเอาท์พุท C ได้แสดงเป็นตารางประกอบไว้ในรูปที่ 2.26, 2.27 และ 2.28 ด้วย ตารางนี้จะมีชื่อเรียกว่า ตารางที่เป็นจริง (truth tables)



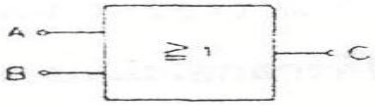
A	B	C
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

รูปที่ 2.26 วงจร AND



A	B	C
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	1

รูปที่ 2.27 วงจร OR



A	B	C
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

รูปที่ 2.28 วงจรเปรียบเทียบ

2.15 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ CAD/CAM

2.15.1 Computer Aided Design (CAD)

Computer Aided Design (CAD) คือ กิจกรรมการออกแบบใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ ในการสร้าง ปรับปรุง หรือการเขียนแบบของการออกแบบทางวิศวกรรม
ความจำเป็นที่ต้องใช้ระบบ CAD ช่วยในการอกกแบบทางวิศวกรรม

1. เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของนักออกแบบคือจะช่วยให้การออกแบบผลิตภัณฑ์พร้อมทั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ
2. เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการออกแบบ การใช้ระบบ CAD ส่วนของ Hard ware และ Soft ware สามารถให้นักออกแบบวิเคราะห์งานทางด้านวิศวกรรมได้สมบรูณ์ และทำได้จำนวนมากขึ้นและมีแบบต่าง ๆ ให้เลือก อีกทั้งคุณภาพของงานก็จะดียิ่งขึ้น
3. เพื่อปรับปรุงคุณภาพของตัวแบบและเอกสารที่ได้จากระบบ CAD จะให้ผลที่ดีกว่าแบบที่ทำด้วยมือ แบบงานด้านวิศวกรรมก็มีมาตรฐานทำให้อ่านได้ง่าย และจะมีความผิดพลาดน้อย
4. เพื่อให้เป็นการสร้างฐานข้อมูลในการผลิต ในการที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์ เช่น รูปร่างลักษณะทางเลขาคณิต ขนาดของส่วนประกอบ คุณสมบัติของวัสดุหรือราคาของวัสดุ ซึ่งข้อมูลที่ต้องการมีจำนวนมากขึ้น สามารถใช้ CAD ช่วยในการเก็บและค้นหาข้อมูลเหล่านี้

2.15.2 ขบวนการในการออกแบบทางวิศวกรรม

1. คำนึงถึงความต้องการที่จำเป็น
2. กำหนดปัญหา โดยคำนึงถึงลักษณะพิเศษ, หน้าที่, ราคา, คุณภาพและการปฏิบัติ
3. การสร้างความสัมพันธ์ คือ ความสัมพันธ์ของงานแต่ละส่วน
4. การประเมินผล
5. การนำเสนอที่เกี่ยวกับเอกสารของแบบงานโดยแสดงความหมายของแบบ,คุณสมบัติ,รายการ, ส่วนประกอบ, และฐานข้อมูลในการผลิต

2.16 ส่วนประกอบที่สำคัญของ CAD

1. Geometric modeling เกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ในการพัฒนารูปร่างและลักษณะทางคณิตศาสตร์ของวัตถุ รูปร่างลักษณะนี้เรียกว่า Model และถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ Geometric models จะมีทั้ง Two Dimension และ Three Dimension
2. การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Engineering Analysis) เช่น การหาค่า Stress และ Strain ของวัสดุ, การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน, การจำลองทางพลศาสตร์
3. การประเมินผลการออกแบบ (Design Evaluation and Review) ประกอบด้วยการตรวจสอบ Dimension, การใช้จุดอ้างอิงช่วยในการตรวจสอบ, Kinematics routines
4. Automation drafting ที่ให้ความเที่ยงตรงแม่นยำและรวดเร็วในการผลิตแบบและเอกสาร

2.16.1 ส่วนประกอบเบื้องต้นของ CAD

1. Design Workstation
2. Process

3. Secondary storages
4. plotter and/or output devices

2.17 Computer Aided Manufacturing (CAM)

Computer Aided Manufacturing (CAM) เป็นระบบเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวางแผนการจัดการ และควบคุมหน้าที่ของขบวนการผลิต ซึ่ง CAM สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

2.18 ส่วนที่ใช้ในการวางแผน (Manufacturing Planning)

เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ในงานดังนี้

1. การประมาณราคา (Cost estimating)

ในการกะประมาณราคาของราคาผลิตภัณฑ์ใหม่จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หาค่าแรงงาน หาอัตราค่าโสหุ้ย ตามลำดับของแผนปฏิบัติในแต่ละส่วนของผลิตภัณฑ์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะรวบรวมราคาในส่วนประกอบนี้ Bill วัสดุของส่วนวิศวกรรมเพื่อหาราคาของผลิตภัณฑ์ใหม่

2. การวางแผนการผลิต (Computer-aided Process Paining {CAPP})

ขบวนการวางแผนจะเกี่ยวข้องกับการจัดเตรียม route sheets ที่แสดงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานและงานที่ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์และส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์

3. ข้อมูลในการ Machinability (Computerized Machinability data System) ปัญหาในการ Operating ของเครื่องจักรที่ตัดโลหะคือ Speed, feed ที่ควรเลือกใช้ให้เหมาะกับงานและเครื่องจักร ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะแนะนำเงื่อนไขที่ดีในการตัดแต่ละวัสดุ

4. ใช้ในการทำงานร่วมกับเครื่อง NC (Computer assisted NC Part Programming)

5. พัฒนาเวลามาตรฐานในการทำงาน (Development of Work Standards)

6. ใช้ในการทำ Line balancing (Computer aided line balancing) คือตำแหน่งของแต่ละงานระหว่างสถานีงานบนสายการประกอบที่มีจำนวนมากและมีปัญหามาก ถ้าสายงานประกอบที่มีขนาดไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะใช้คอมพิวเตอร์หาคำตอบของปัญหาได้

7. วางแผนผลิตภัณฑ์และสินค้าคงคลัง (Production and Invent Planning) ในส่วนของการวางแผนด้านผลิตภัณฑ์ และสินค้าคงคลังนี้จะมีหน้าที่จัดเก็บและรวบรวมรายงานของสินค้าคงคลัง รายงาน Stock แบบอัตโนมัติ Production Scheduling, วางแผนความต้องการวัสดุและการวางแผนกำลังการผลิต

2.19 ส่วนที่ใช้ในการควบคุม

1. ควบคุมการผลิต (Process Control)
2. ควบคุมคุณภาพ (Quality Control)
3. ควบคุมในระดับการผลิต (Shop floor Control)
4. รายงานการผลิต (Process monitoring)

2.19.1 ความเร็วในการกัด

ความหมายของการกัด (Milling Cutter)

งานกัดเป็นงานที่เกิดขึ้นจากการตัดเฉือนของมีดกัด ของคมตัดตั้งแต่หนึ่งคมขึ้นไป ถึงหลาย ๆ คม การเคลื่อนที่ของคมตัด จะเคลื่อนที่หมุนรอบตัวเอง ซึ่งจะอยู่ในแนวดิ่ง หรือแนวนอนหรือในแนวเอียงมุมแบบต่าง ๆ ได้ ลักษณะของคมตัดจะมีทั้งแบบตายตัว และแบบถอดเปลี่ยนคมได้

ขณะทำการกัดในกรณีที่มีดกัดมีคมกัดหลาย ๆ คม ซึ่งอยู่รอบตัวมันเอง ในการหมุนกัด 1 รอบ มีดกัดจะกัดงานเสร็จเฉพาะฟัน แล้วเคลื่อนที่ฟรีไปช่วงหนึ่งจึงหมุนกลับมาที่เดิมอีก จึงจะเริ่มกัดงานใหม่ การเว้นว่างเช่นนี้จะเป็นประโยชน์ให้กับคมของมีดกัดได้รับการระบายความร้อนออกไปได้บ้าง ซึ่งผิดกับการกลึงงานคมมีดจะกัดแตะผิวงานอยู่ตลอดเวลา

เพราะฉะนั้นในการกัดชิ้นงาน จำเป็นต้องใช้น้ำมันหล่อเย็นมาช่วยในการระบายความร้อนซึ่งจะช่วยให้ความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างคมกับชิ้นงานลดลงและไล่เศษกัดออกจากผิวงานบริเวณตัดเฉือน ทำให้ผิวงานเรียบ

องค์ประกอบสำหรับงานกัด

1. เครื่องจักร
2. เครื่องมือ
3. รูปแบบชิ้นงาน
4. วัสดุชิ้นงาน
5. ความเร็วรอบ
6. อัตราป้อน
7. ความเร็วตัด
8. ความลึกกัด
9. การหล่อเย็น

ในการกัดชิ้นงานจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลต่าง ๆ ที่กล่าวมาตัวอย่างดังนี้

2.19.2 ความเร็วตัด (Cutting Speed: Cs)

หมายถึง ความยาวของเนื้อโลหะที่ถูกตัดเฉือนผ่านปลายคมตัด ในระยะเวลา 1 นาที จะมี ความยาวเป็นเมตร (เมตร/นาที) ความเร็วตัดของเครื่องกัด CNC จะขึ้นอยู่กับ วัสดุแต่ละชนิด จากนั้นนำไปคิดความเร็วรอบจากสูตร

$$N = \frac{1000Cs}{D}$$

N = ความเร็วรอบของมีดกัด

Cs = ความเร็วตัด เมตร/นาที

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของมีด มิลลิเมตร

2.19.3 ความเร็วรอบ (Spindle Speed)

การตั้งค่าความเร็วรอบจะคิดค่าการส่งกำลังตัดออกมาเป็นค่าความเร็วรอบต่อนาที (Revolution per Minute: RPM) โดยคำนึงถึงชนิดของมีดกัด วัสดุมีดกัด ชนิดของวัสดุงาน อัตราการป้อนกัด และสารระบายความร้อนที่เหมาะสม หาได้จากสูตร

$$\text{ความเร็วรอบ (RPM)} = \frac{Cs * 1000}{\pi * D}$$

2.19.4 อัตราการป้อนกัด (Feed Rate)

อัตราการป้อนกัดเป็นมิลลิเมตรต่อนาที (Feed Rate in Millimeters per Minute) โดยพิจารณาจากชนิดของมีดกัด และค่าความเร็วของเพลามีด ดังสูตร

อัตราการป้อนกัด = อัตราการป้อนกัดต่อฟัน (ม.ม.) x จำนวนฟัน x ความเร็วรอบของมีดกัด (RPM)

2.19.5 การป้อนกัดลึก (Depth of Cut)

การป้อนกัดลึกจะพิจารณาจากลักษณะความต้องการของผิวงาน และองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น อัตราการเคลื่อนที่ของงานประสิทธิภาพของเครื่องจักร งานกัดหยาบจะตั้งความลึกมากกว่างานกัดละเอียด แต่ในทางปฏิบัติ มักจะใช้ความชำนาญของผู้ออกแบบ และผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก และโดยมากจะเผื่อการกัดละเอียดประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร

2.20 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Mastercam V 9.0

System Requirements

Pentium or comparable processor

Windows 98,ME,2000,NT,XP,2003

128 MB RAM

500 MB free hard disk space

16-bit display adapter at 800 x 600 resolution

System Recommended

1.0 GHz or better processor

Windows 98,ME,2000,NT,XP,2003

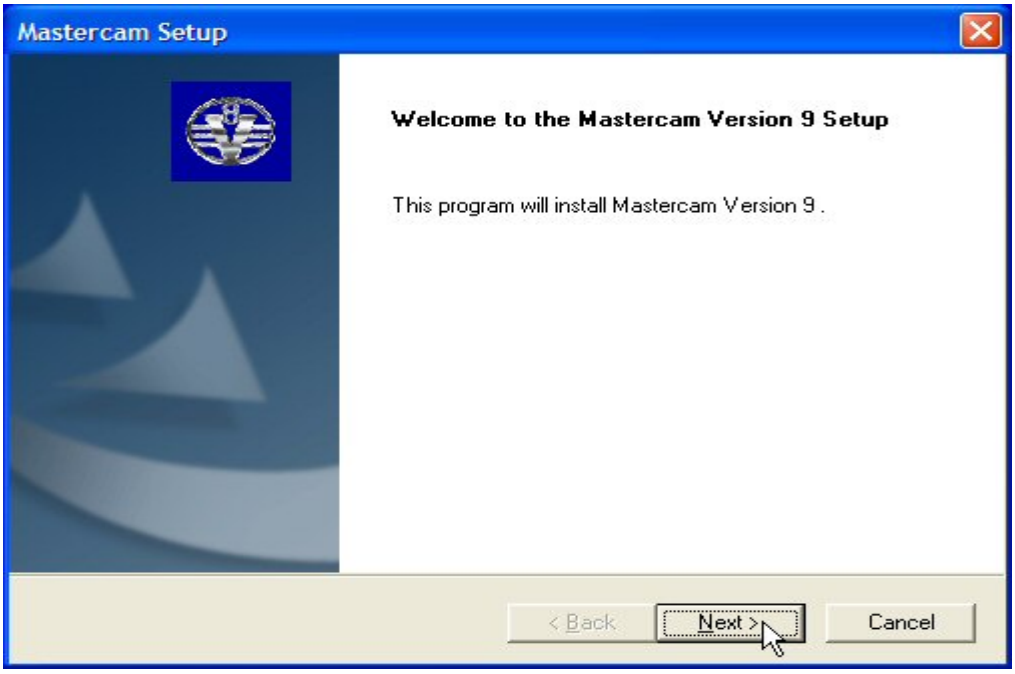
256 MB RAM

500 MB free hard disk space

32-bit color display adapter at 1024x768 resolution

2.20.1 ขั้นตอนการติดตั้ง Mastercam V9.0 แสดงดังรูปที่ 2.29-2.39

1. เมื่อเริ่มทำการติดตั้ง Mastercam หน้าต่างแรกที่ปรากฏ คือ Matercam Setup คลิก Next

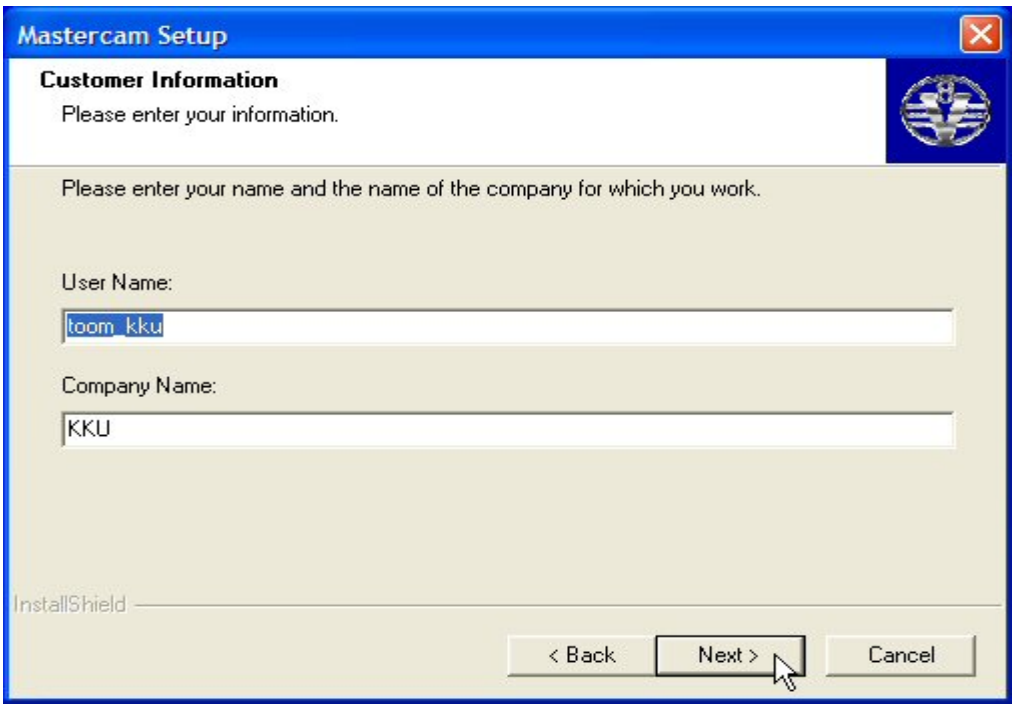


รูปที่ 2.29

2. อ่านข้อตกลงของโปรแกรม จากนั้น คลิก Yes เพื่อดำเนินขั้นตอนต่อไป

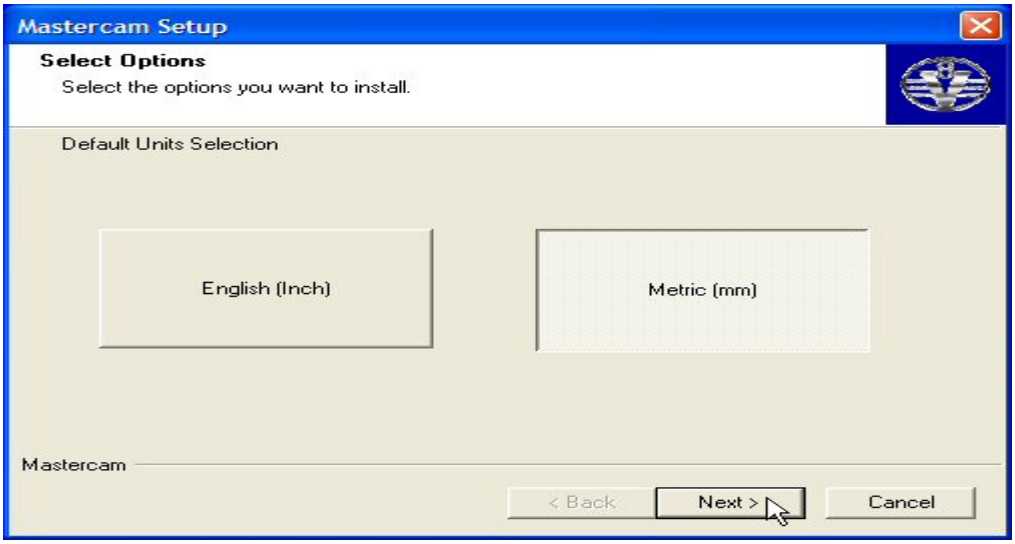
รูปที่ 2.30

3. พิมพ์ชื่อ User name และ Company name โดยใช้ชื่ออะไรก็ได้แต่ไม่ควรใช้เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ คลิก Next เพื่อดำเนินขั้นตอนต่อไป



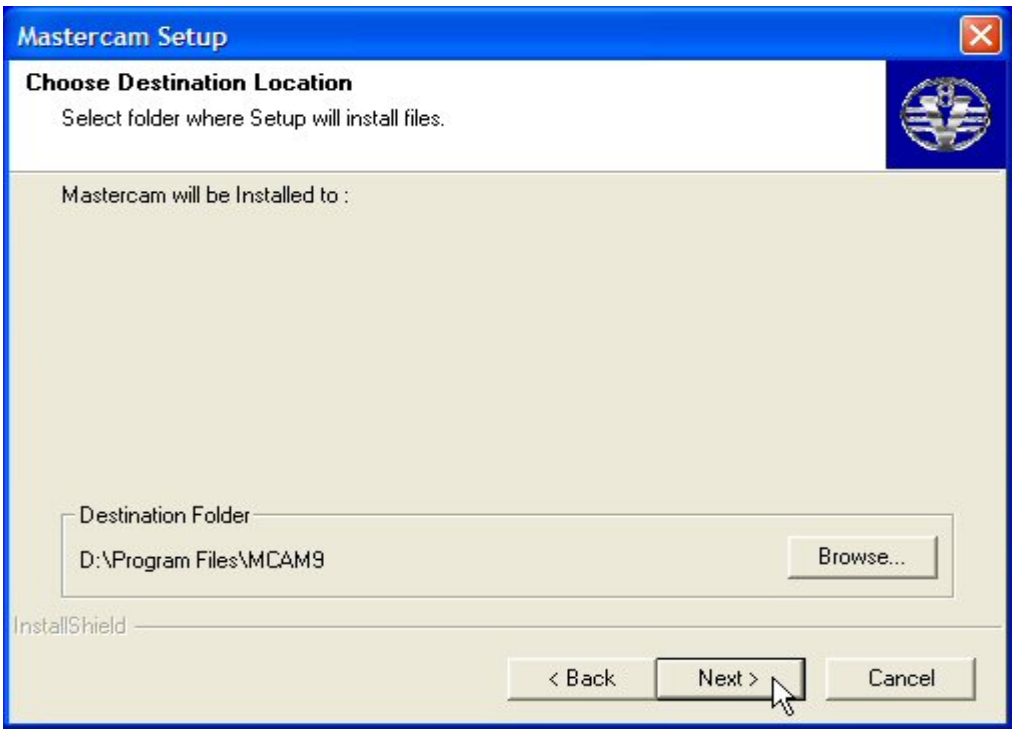
รูปที่ 2.31

4. เลือกหน่วยวัดที่จะใช้เป็นค่าเริ่มต้น (default) ในที่นี้เลือก ระบบ Metric Unit ซึ่งจะมีหน่วยวัดเป็น มม. โดยคลิกที่ metric(mm) แล้ว คลิก Next>



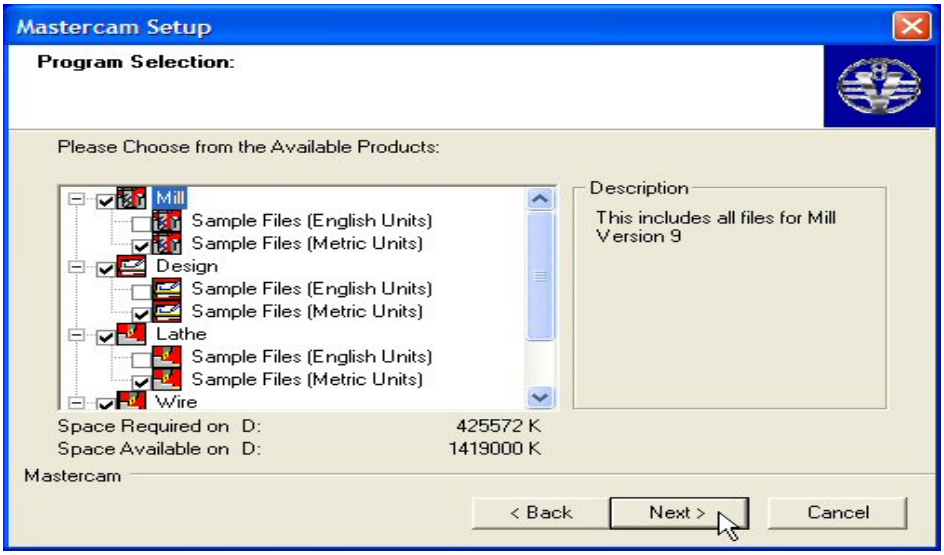
รูปที่ 2.32

5. เลือก folder ที่จะทำการ Install แล้วคลิก Next>



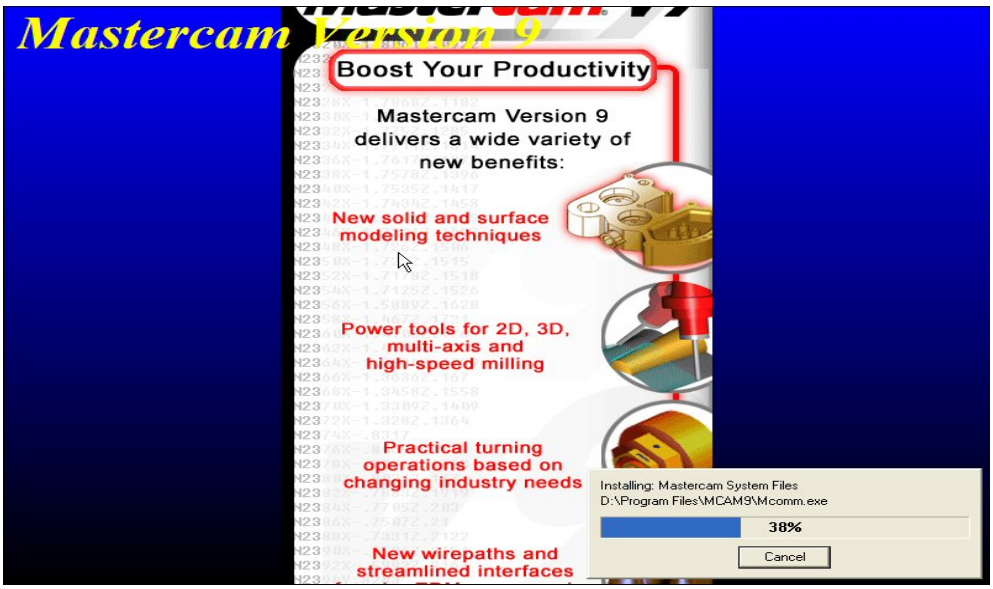
รูปที่ 2.33

6. เลือกโปรแกรมที่จะติดตั้ง ซึ่งมีส่วนของ Design, Mill, Lathe, Wire และเลือกตัวอย่างหรือถอดออกโดยคลิกในช่องสี่เหลี่ยม แล้วคลิก Next>



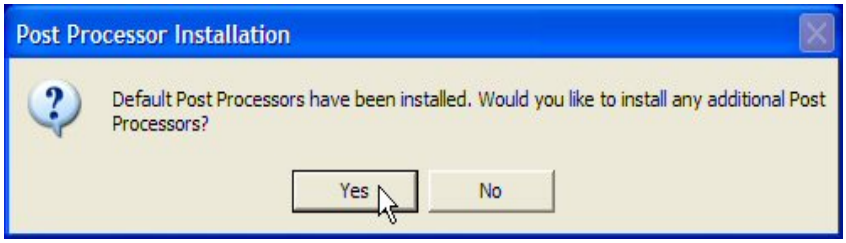
รูปที่ 2.34

7. เริ่มทำการติดตั้งโปรแกรม



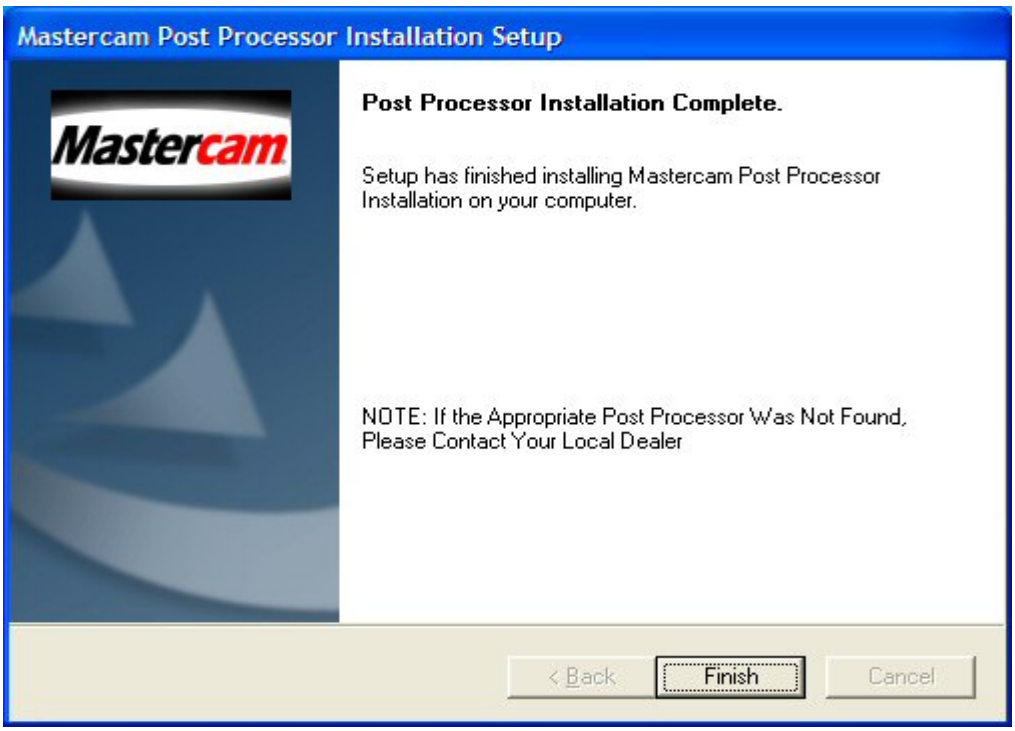
รูปที่ 2.35

8. เมื่อ Install เสร็จโปรแกรมจะถามเกี่ยวกับการติดตั้ง Post processor คลิก Yes



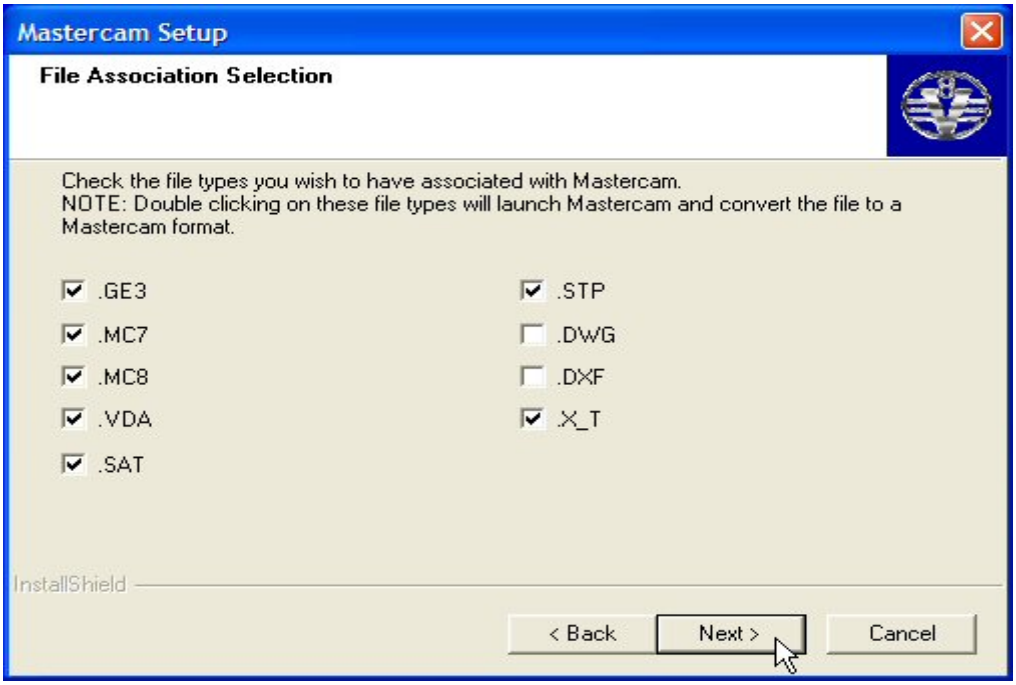
รูปที่ 2.36

9. คลิก Next> Next> Next> โปรแกรมเริ่มทำการติดตั้ง เมื่อติดตั้ง Post processor เสร็จจะปรากฏกรอบข้างล่าง แล้วคลิก Finish



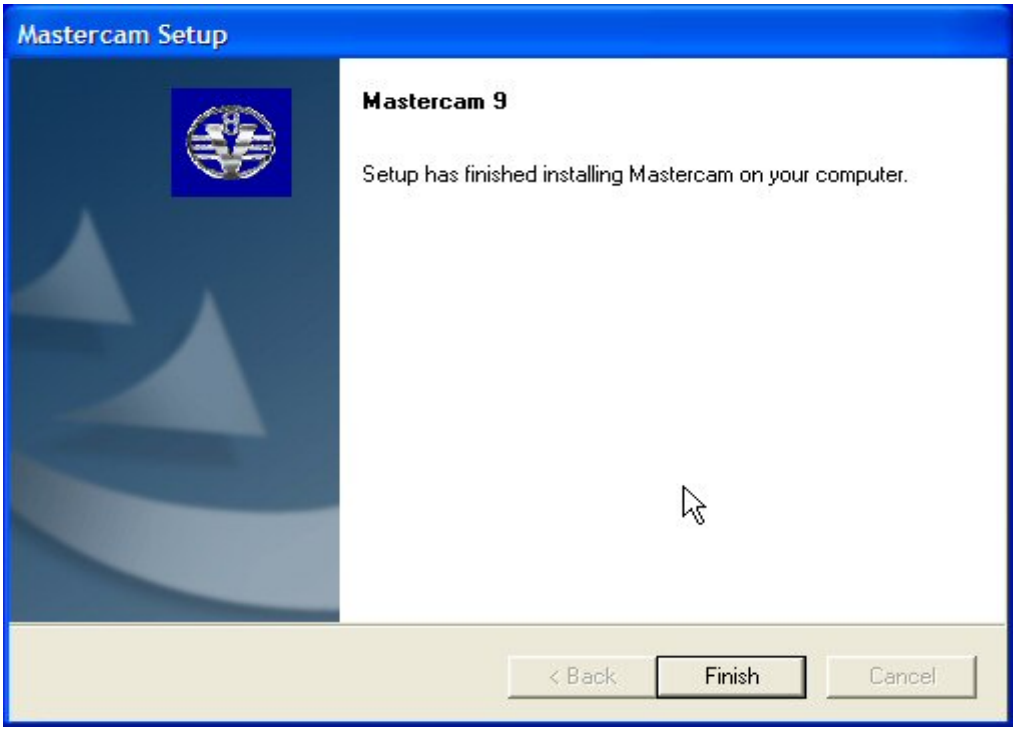
รูปที่ 2.37

10. เลือกชนิดของ files ที่ใช้ร่วมกับ Mastercam คลิก Next>



รูปที่ 2.38

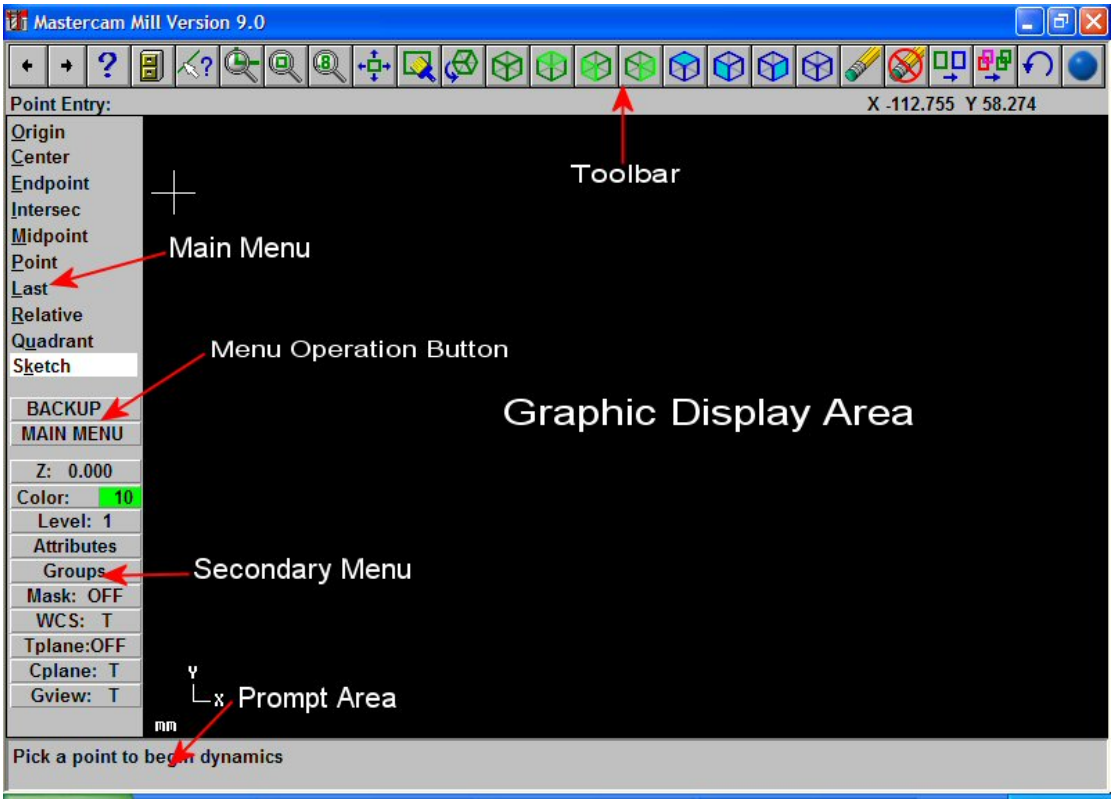
11. คลิก Finish เพื่อสิ้นสุดการ Install



รูปที่ 2.39

2.21 หลักการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น

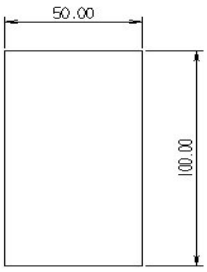
Mastercam Interface



รูปที่ 2.40

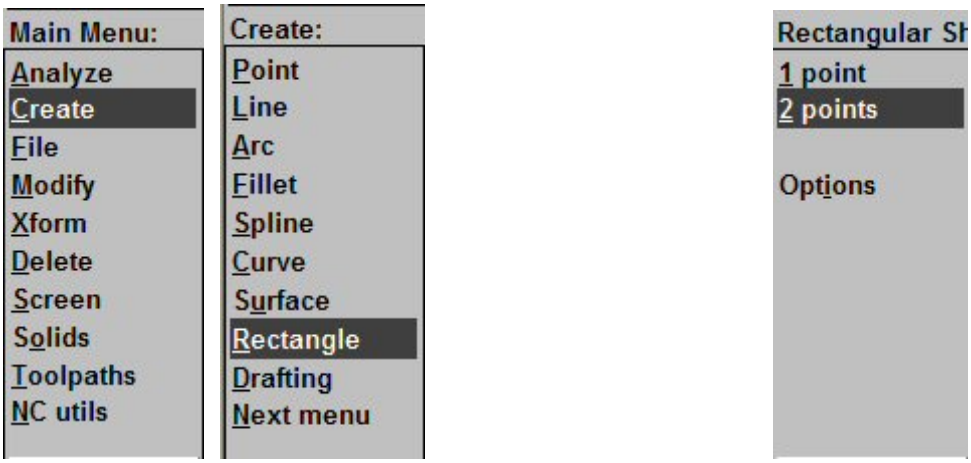
การสร้างรูปสี่เหลี่ยม

ในการสร้างรูปสี่เหลี่ยม โดยเลือกคำสั่งจาก Main menu (ตามรูปตัวอย่าง)



รูปที่ 2.41

1. คลิก Create > Rectangle > 2 point



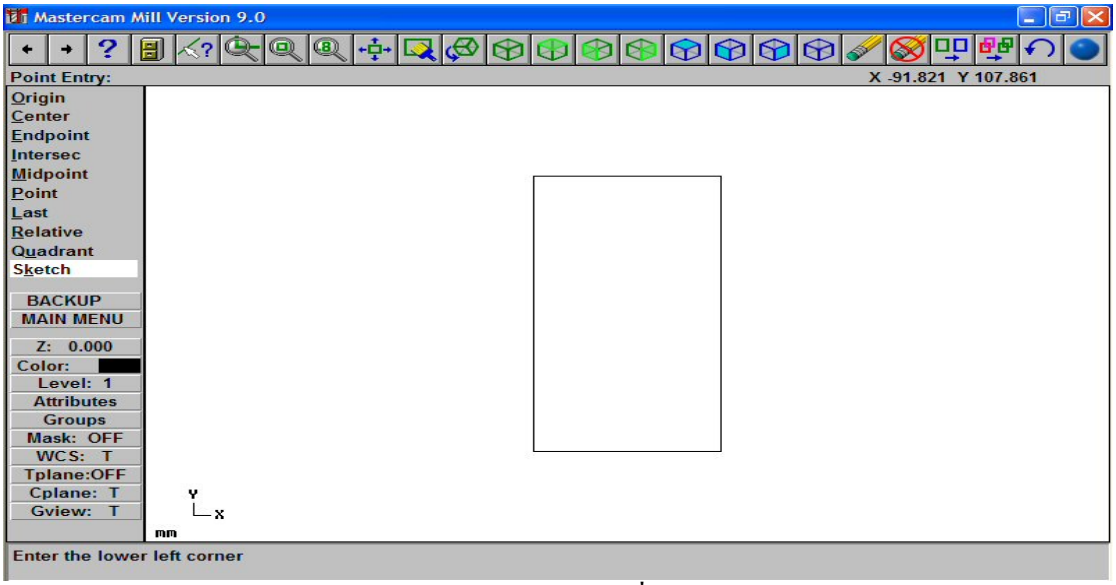
รูปที่ 2.42

สังเกตข้อความที่ prompt area ที่ด้านล่างของโปรแกรม

รูปที่ 2.43

2. พิมพ์ค่า Coordinate จุดแรกด้านล่างซ้าย ในที่นี้ X=0 Y=0 กด Enter

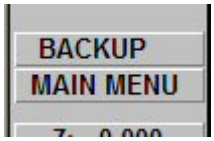
4. จากนั้นพิมพ์ค่า Coordinate จุดที่ 2 ด้านบนขวาของรูปสี่เหลี่ยม ซึ่ง X=50 Y=100 กดEnter ซึ่งจะได้งานออกมาดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.44

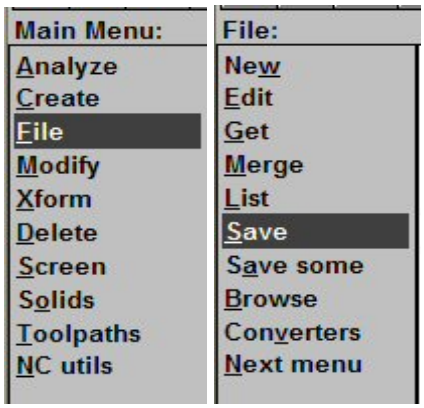
2.22 การ SAVE งาน

1. คลิก Main menu เพื่อกลับออกจากโหมด Sketching



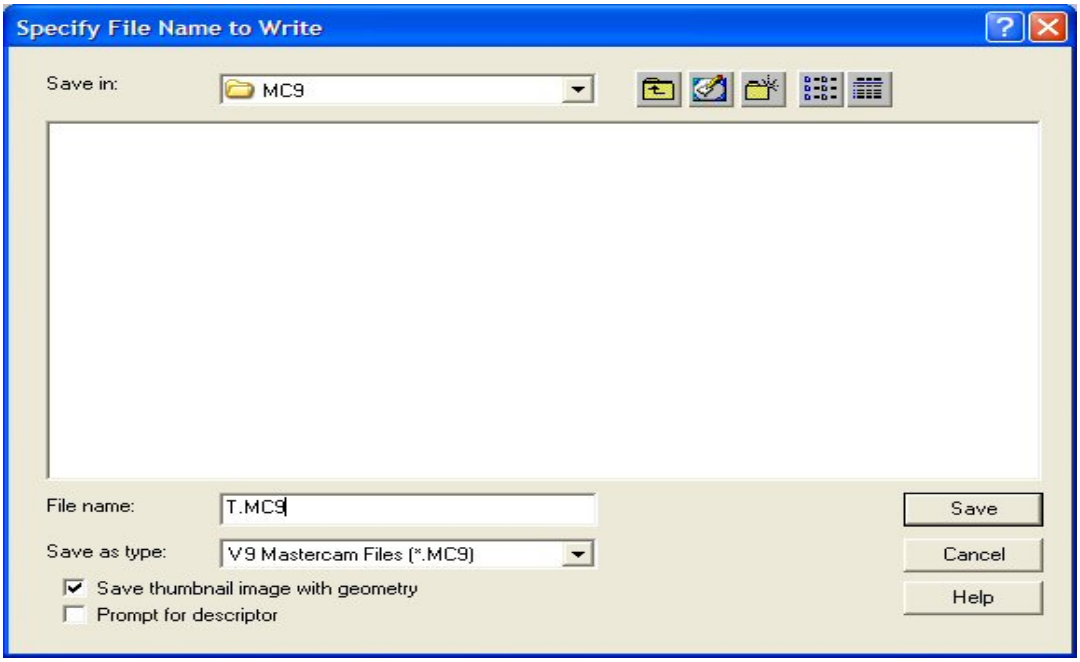
รูปที่ 2.45

2. คลิก File > Save จะปรากฏหน้าต่าง Save ขึ้นมา



รูปที่ 2.46

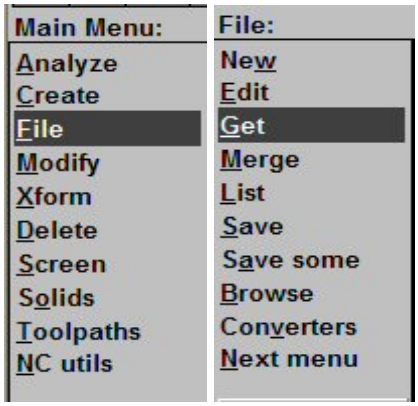
3. พิมพ์ชื่อ File ลงไป คลิก Save



รูปที่ 2.47

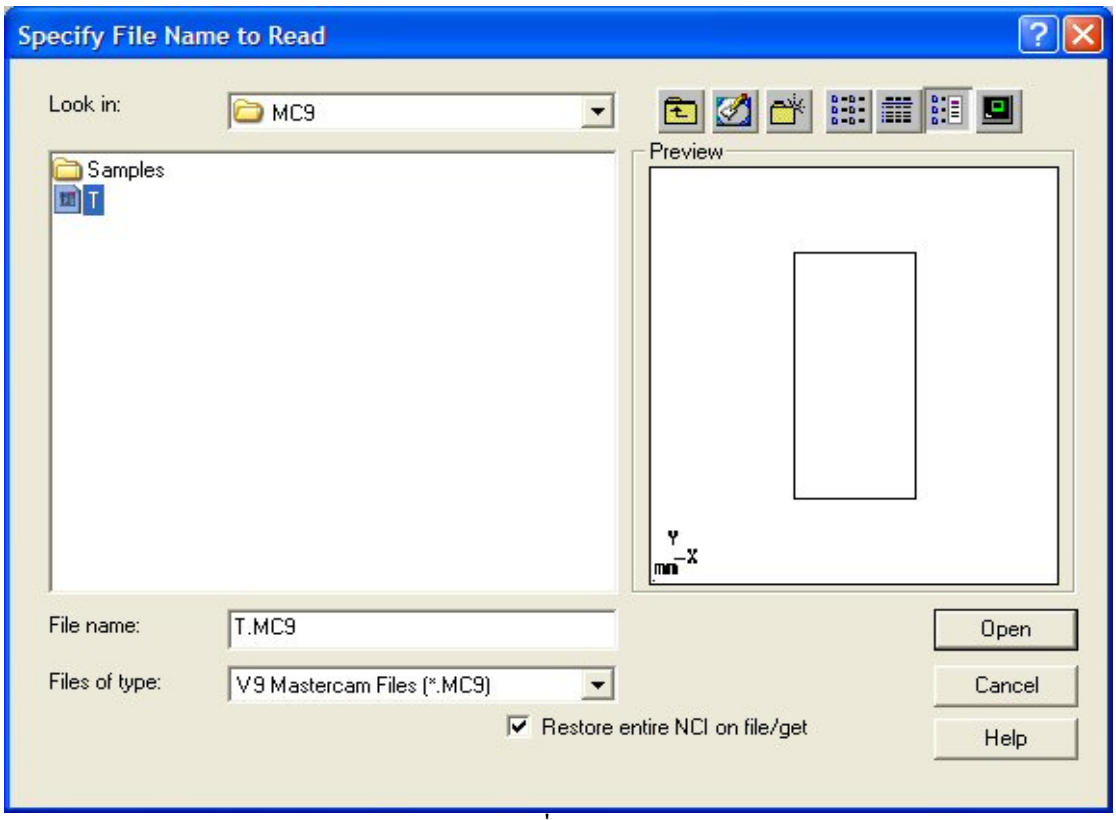
2.23 การเปิดไฟล์

1. คลิก File ที่ main menu ดังรูป



รูปที่ 2.48

2. คลิก Get เพื่อทำการเปิดแฟ้มข้อมูลที่ Save ไว้
3. จะปรากฏหน้าต่าง Open ขึ้นมา เลือกแฟ้มที่ต้องการเปิด



รูปที่ 2.49

4. คลิก Open เพื่อทำการเปิดแฟ้ม

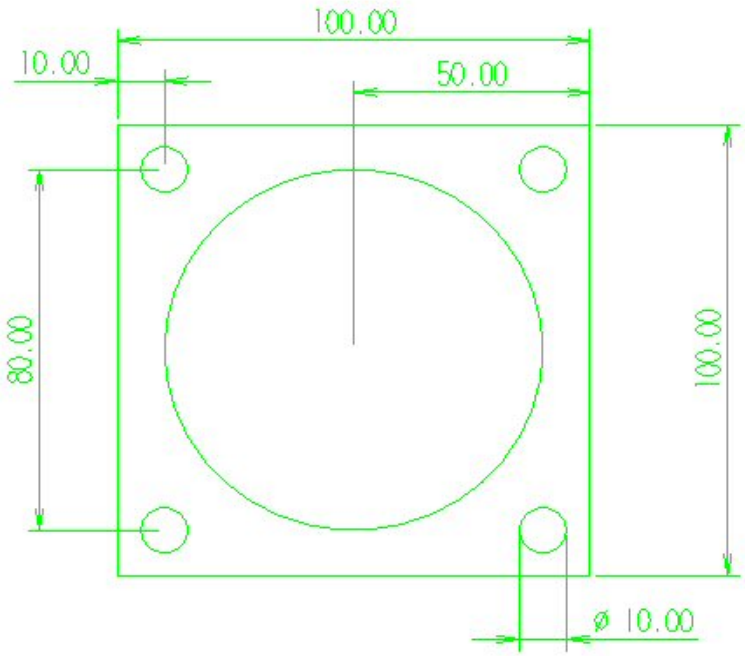
2.24 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Mastercam V9

ตัวอย่าง

T1: D10 mm Drill

T2: D5 mm Endmill

Stock: พลาสติก 100X100X20 มม.



รูปที่ 2.50

ขั้นตอนการทำงาน

1. เปิด โปรแกรม MasterCam
2. คลิก Create > Rectangle เลือก 2 Points

รูปที่ 2.51

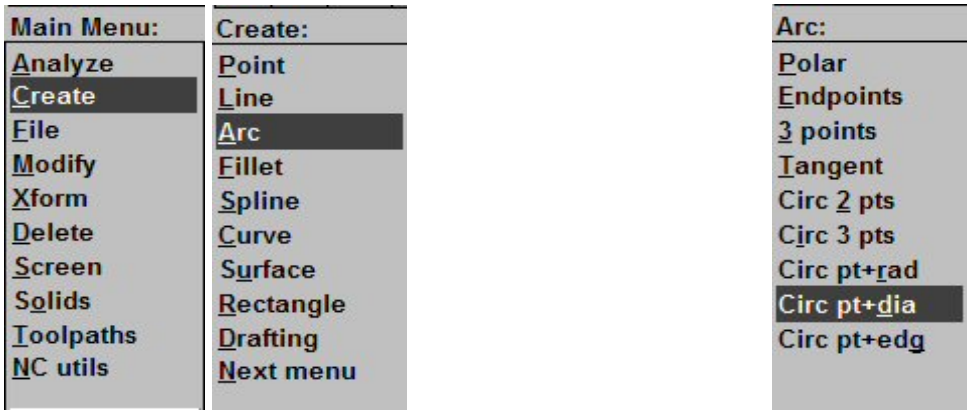
พิมพ์ค่าจุดที่มุมล่างซ้าย คือ -50,-50 กด Enter

พิมพ์ค่าจุดที่มุมบนขวา คือ 50,50 กด Enter จะได้รูปสี่เหลี่ยมดังรูป

รูปที่ 2.52

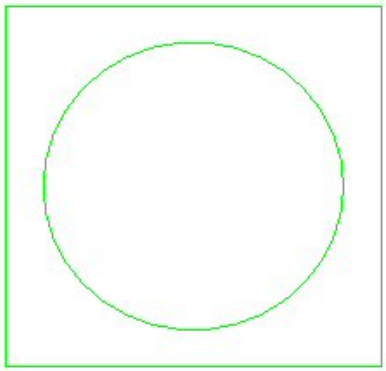
3. สร้างรูปวงกลมใหญ่กลางรูปสี่เหลี่ยม

Create > Arc > Circ pt+dia



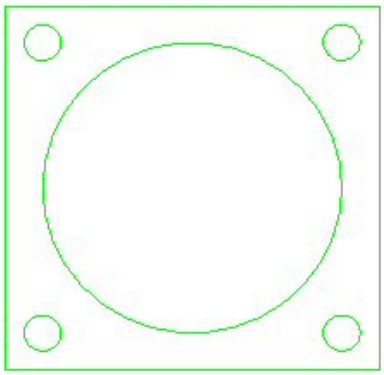
รูปที่ 2.53

พิมพ์ค่า Diameter วงกลม = 80 มม. จากนั้นคลิกที่ศูนย์กลางรูปสี่เหลี่ยม จะได้



รูปที่ 2.54

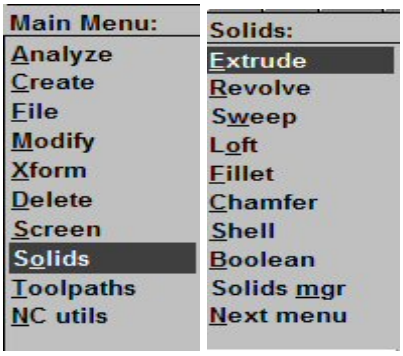
4. สร้างวงกลมเล็ก Dia. 10 mm ที่พิกัด 40,40 / -40,-40/ 40,-40 / -40,40 จะได้



รูปที่ 2.55

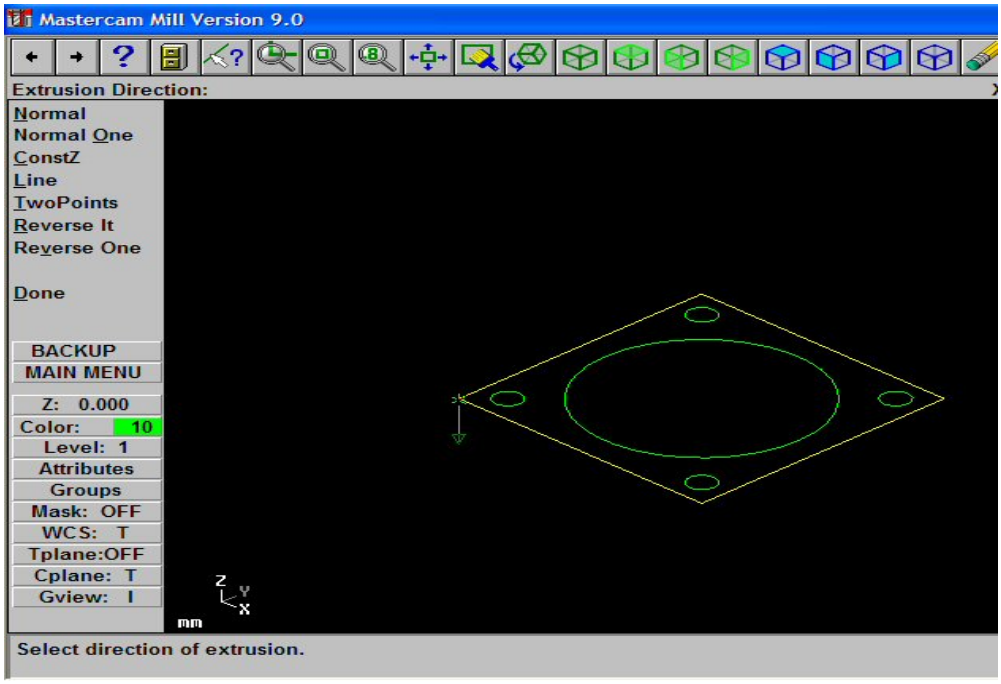
5. สร้างรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Solid ก่อนทำการ Extrude เลือกมุมมอง Isometric โดยคลิกขวา เลือก Isometric จากนั้นทำการ Extrude โดย คลิก

Solids > Extrude



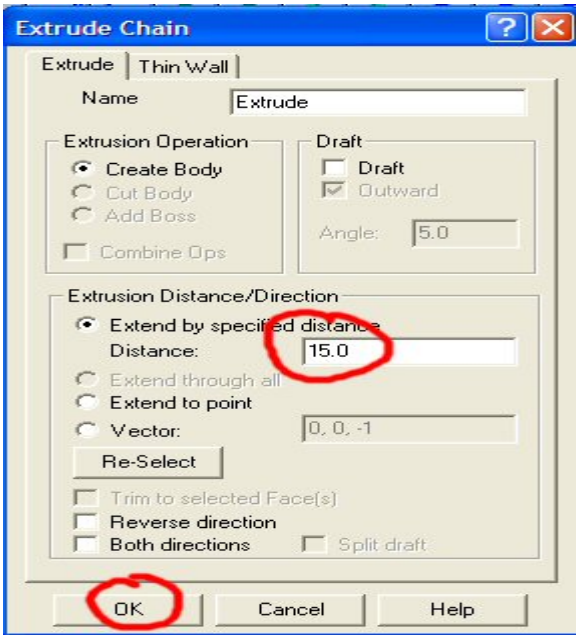
รูปที่ 2.56

คลิกที่เส้นรูปสี่เหลี่ยม คลิก Done เลือก reverse เพื่อ Extrude ลงดังรูป

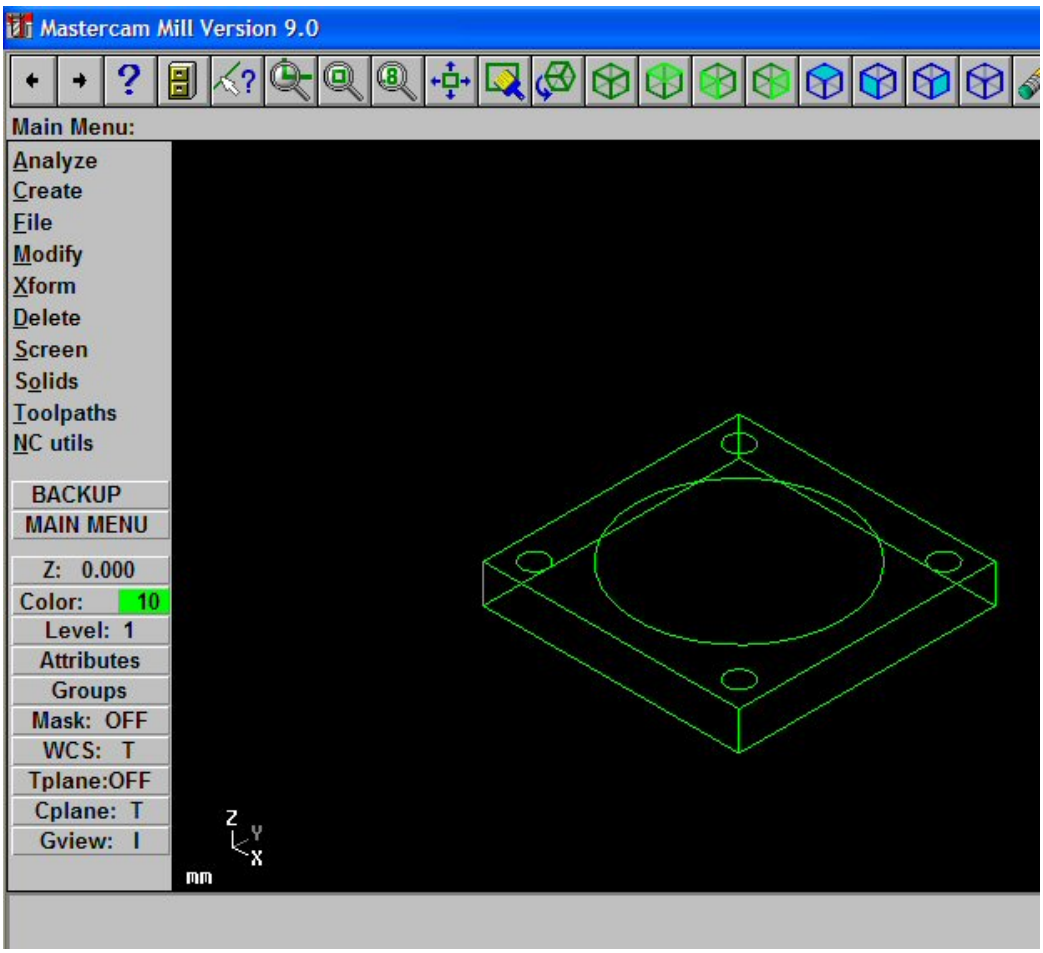


รูปที่ 2.57

จากนั้น คลิก Done แล้วป้อนค่าความหนาของชิ้นงาน เท่ากับ 15 มม. คลิก OK

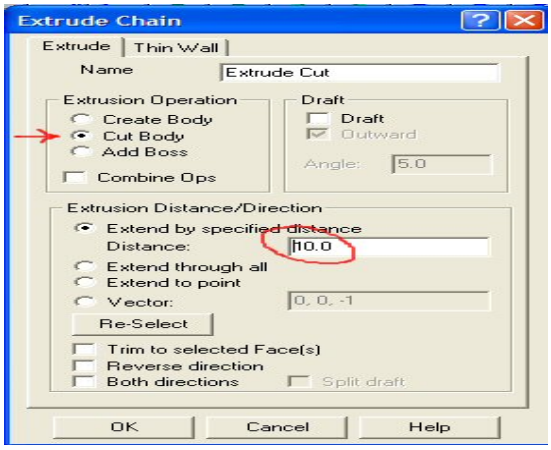


รูปที่ 2.58



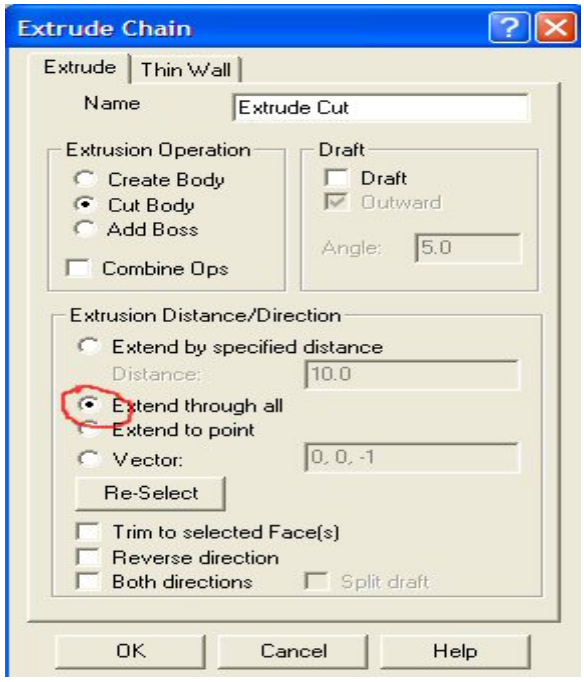
รูปที่ 2.59

6. สร้างรูปวงกลมให้ยุบลง Solid > Extrude คลิกที่รูปวงกลมรูปใหญ่ แต่ต่างตรงที่เปลี่ยนค่า Create Body เป็นค่า Cut Body ดังรูป



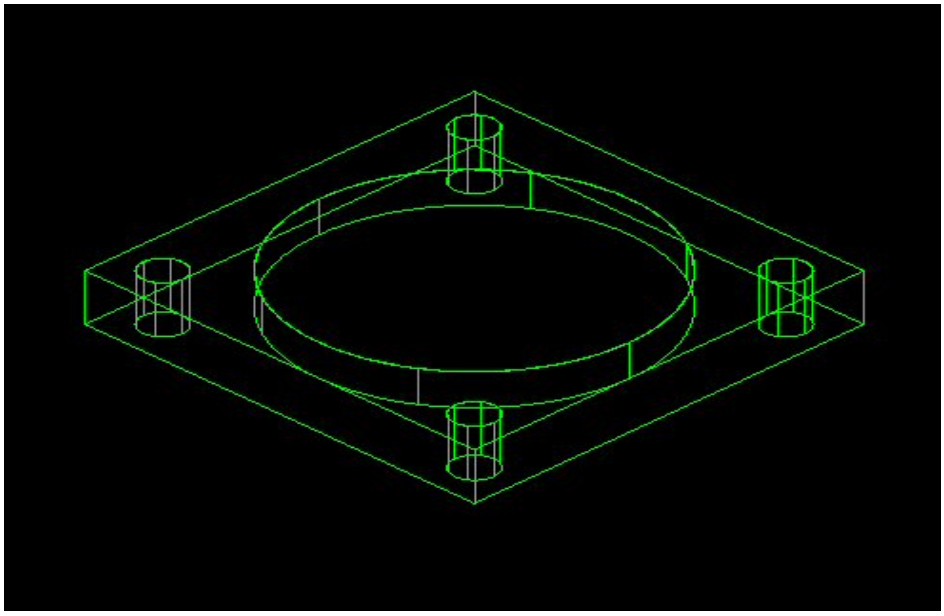
รูปที่ 2.60

7. รูปสี่เหลี่ยมเล็กก็ทำเช่นกัน คือ Solids > Extrude
คลิกที่รูปวงกลม ทั้ง 4 คลิก Done เลือกทิศทางลง คลิก Done จะปรากฏ Dialog box



รูปที่ 2.61

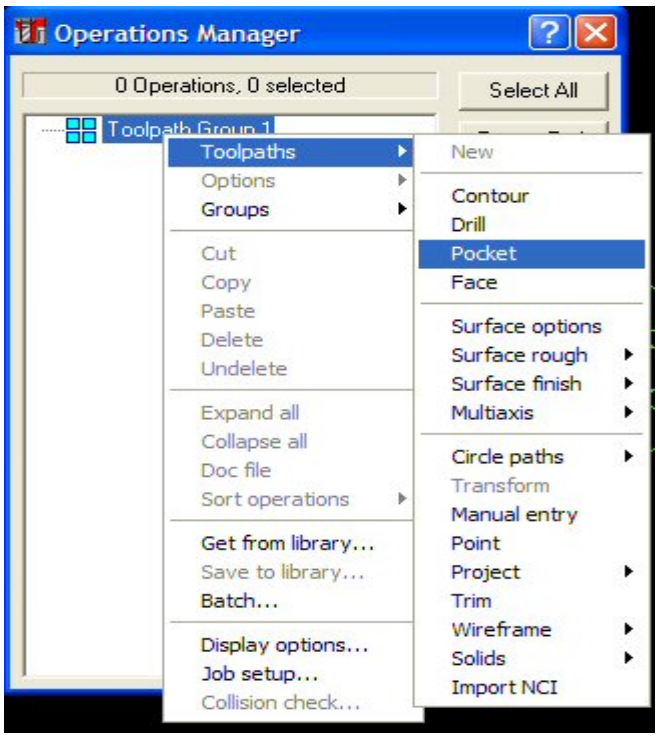
คลิก Ok จะได้ดังรูป



รูปที่ 2.62

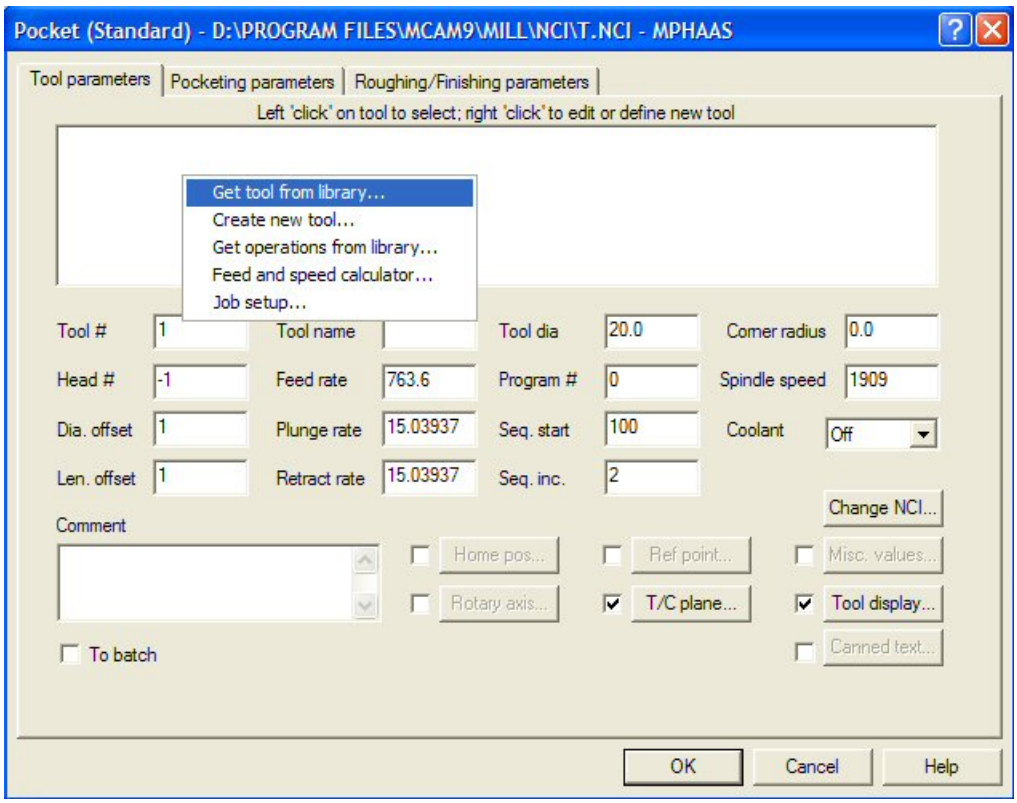
ขั้นตอนในการสร้าง Stock เลือก Tool และเลือก Toolpath

1. คลิก Toolpaths > Operation จะปรากฏ Dialog box ดังรูป จากนั้น คลิกขวา เลือก toolpath>pocket ดังรูป

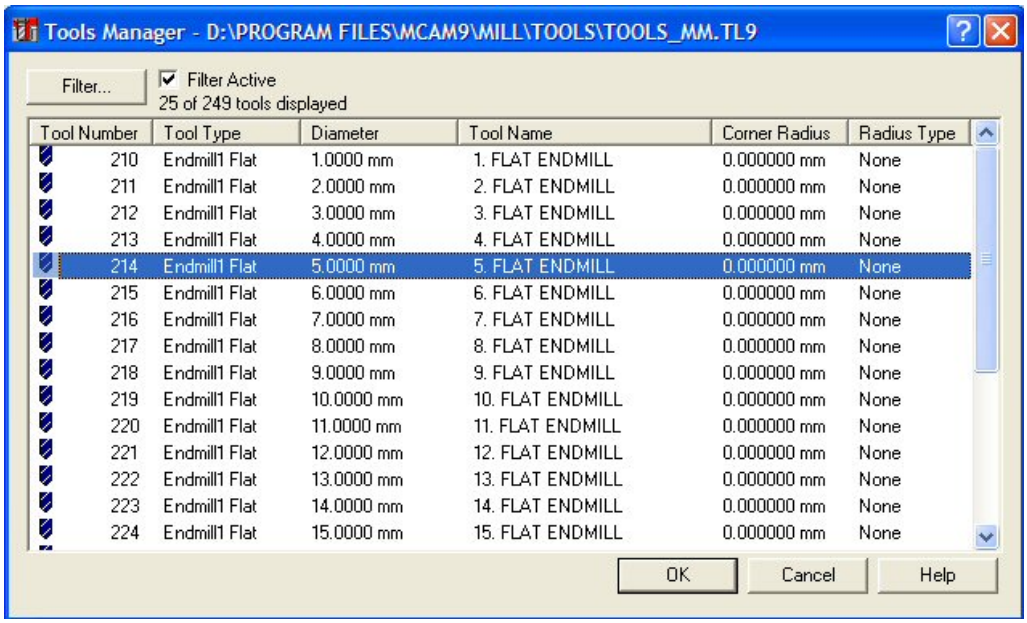


รูปที่ 2.63

คลิกที่วงกลมรูปใหญ่ คลิก Done แล้วจะปรากฏ Dialog box
คลิก ขวา เลือก get tool from library ดังรูป



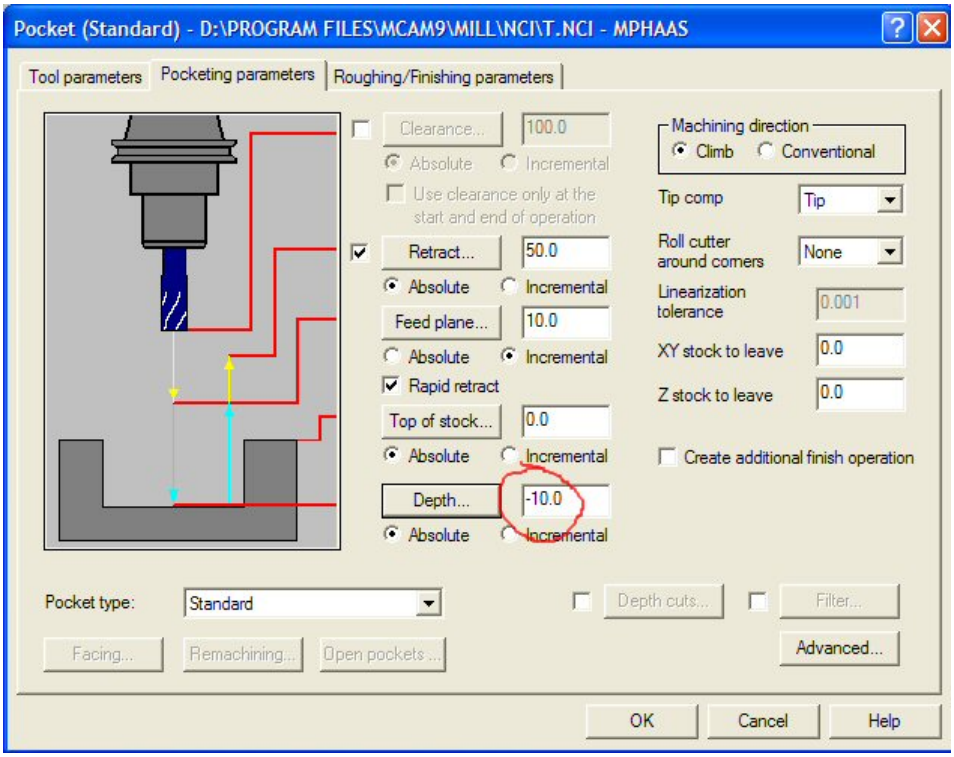
รูปที่ 2.64


Tools Manager - D:\PROGRAM FILES\MCAM9\MILL\TOOLS\TOOLS_MM.TL9
Filter...
Filter Active
25 of 249 tools displayed
Tool Number
Tool Type
Diameter
Tool Name
Corner Radius
Radius Type
210 Endmill1 Flat 1.0000 mm 1. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
211 Endmill1 Flat 2.0000 mm 2. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
212 Endmill1 Flat 3.0000 mm 3. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
213 Endmill1 Flat 4.0000 mm 4. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
214 Endmill1 Flat 5.0000 mm 5. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
215 Endmill1 Flat 6.0000 mm 6. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
216 Endmill1 Flat 7.0000 mm 7. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
217 Endmill1 Flat 8.0000 mm 8. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
218 Endmill1 Flat 9.0000 mm 9. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
219 Endmill1 Flat 10.0000 mm 10. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
220 Endmill1 Flat 11.0000 mm 11. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
221 Endmill1 Flat 12.0000 mm 12. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
222 Endmill1 Flat 13.0000 mm 13. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
223 Endmill1 Flat 14.0000 mm 14. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
224 Endmill1 Flat 15.0000 mm 15. FLAT ENDMILL 0.000000 mm None
OK
Cancel
Help

รูปที่ 2.65

เลือก tool (flat endmill diameter 5 mm) คลิก Ok

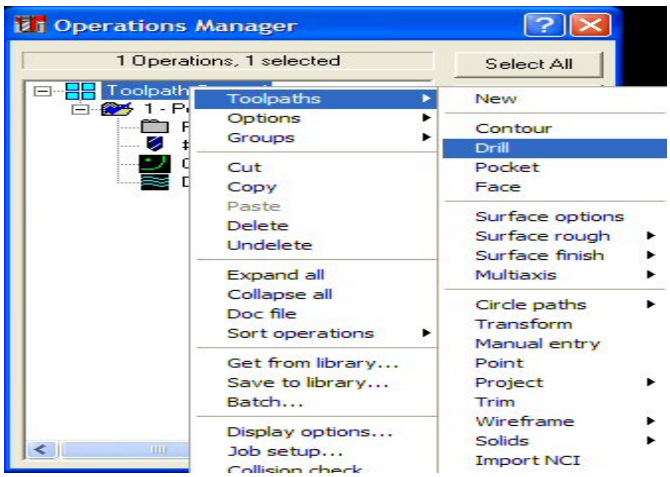
ป้อนค่าความลึกในการกัดชิ้นงาน(Depth-ค่าระดับความลึกการกัดชิ้นงานของ tool) =-5 คลิก Ok



รูปที่ 2.66

ทำการเจาะรูทั้ง 4 รู

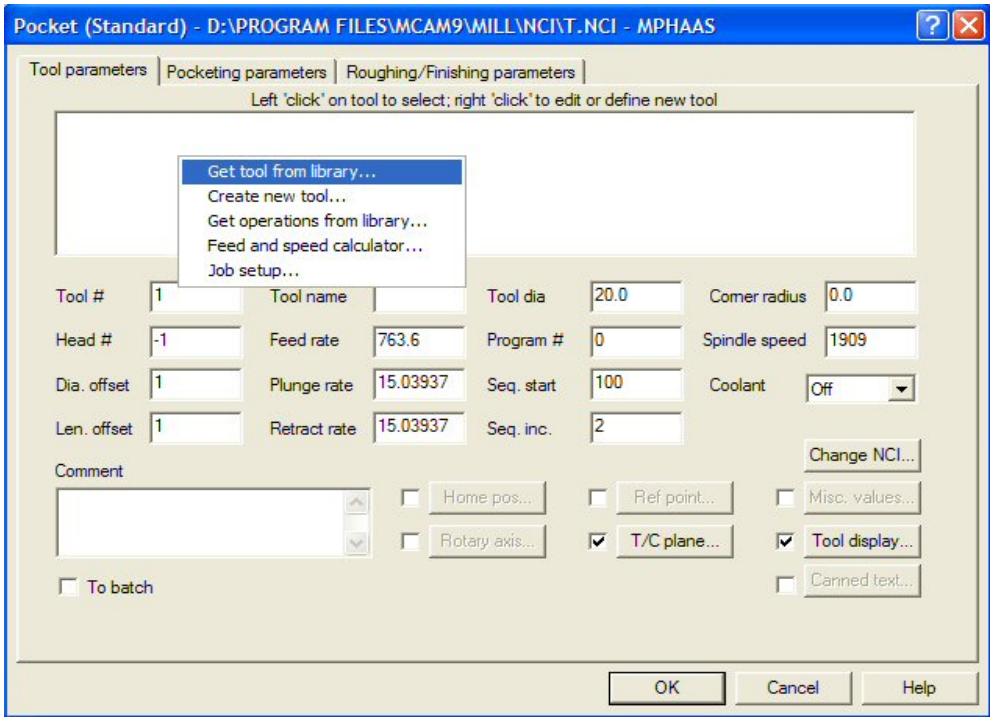
2. คลิก Toolpaths > Operation จะปรากฏ Dialog box ดังรูป จากนั้น คลิกขวา เลือก toolpath>Drill ดังรูป



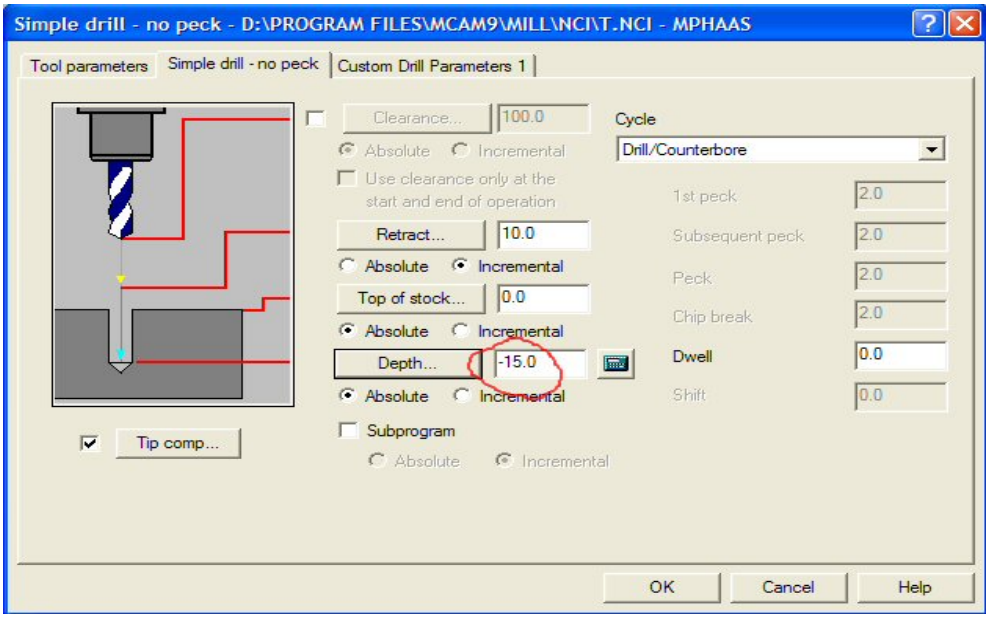
รูปที่ 2.67

คลิก manual เลือกวงกลมทั้ง 4 รูป คลิก Done

ทำการเลือก tool ใช้ Drill Diameter 10 mm

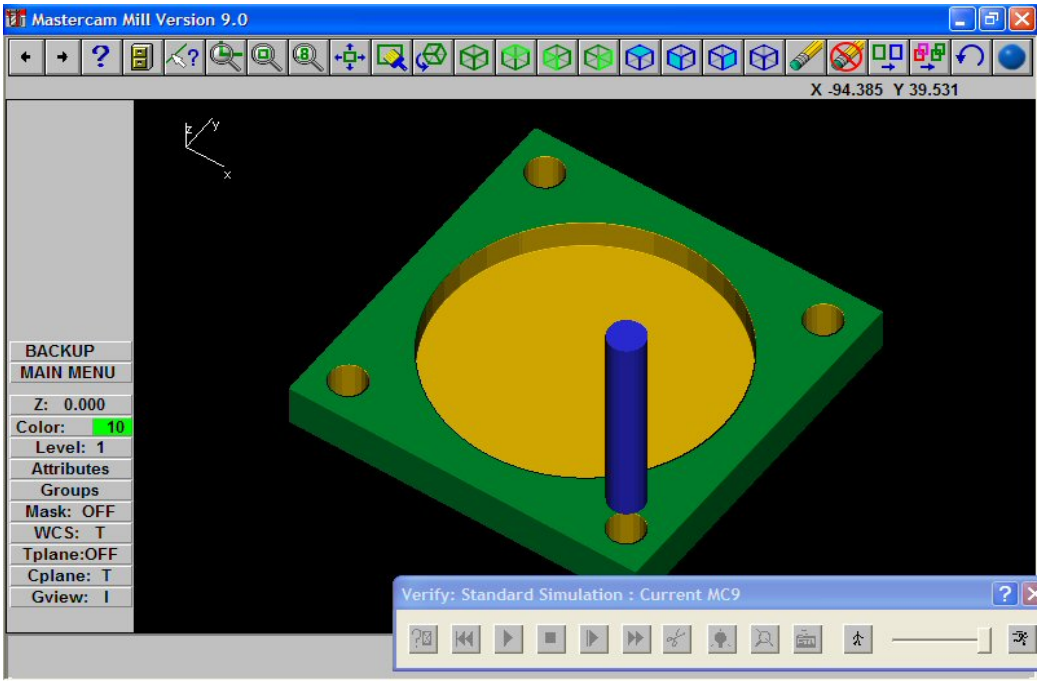


รูปที่ 2.68



รูปที่ 2.69

ดังนั้น จะได้ชิ้นงาน ดังรูป

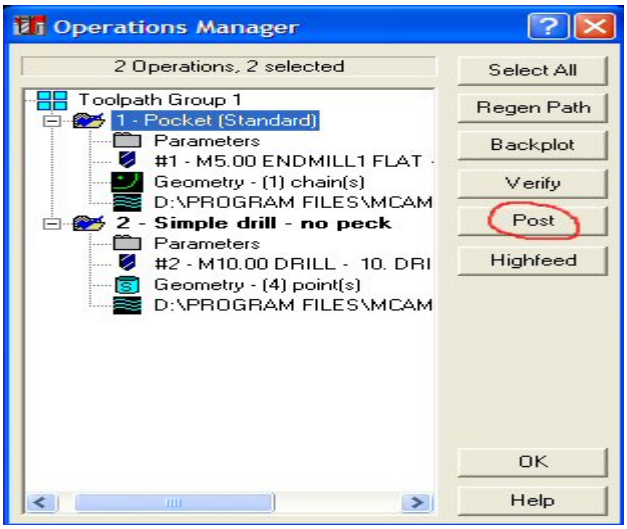


รูปที่ 2.70

หมายเหตุ ค่าอัตราป้อน,ความเร็วรอบ ฯลฯ โปรแกรมจะคำนวณให้กรณีเราเลือกชนิดของวัสดุแล้ว

ขั้นตอนในการทำ NC Code

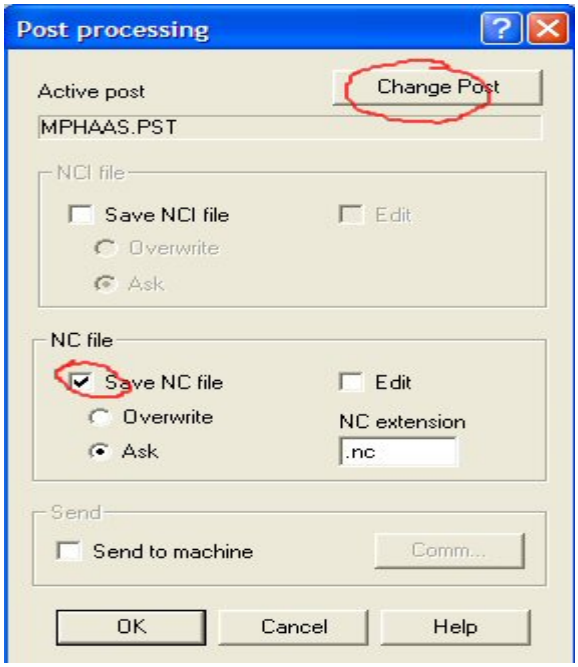
เลือกการทำงานทั้งหมด คลิก select all จากนั้น คลิก Post



รูปที่ 2.71

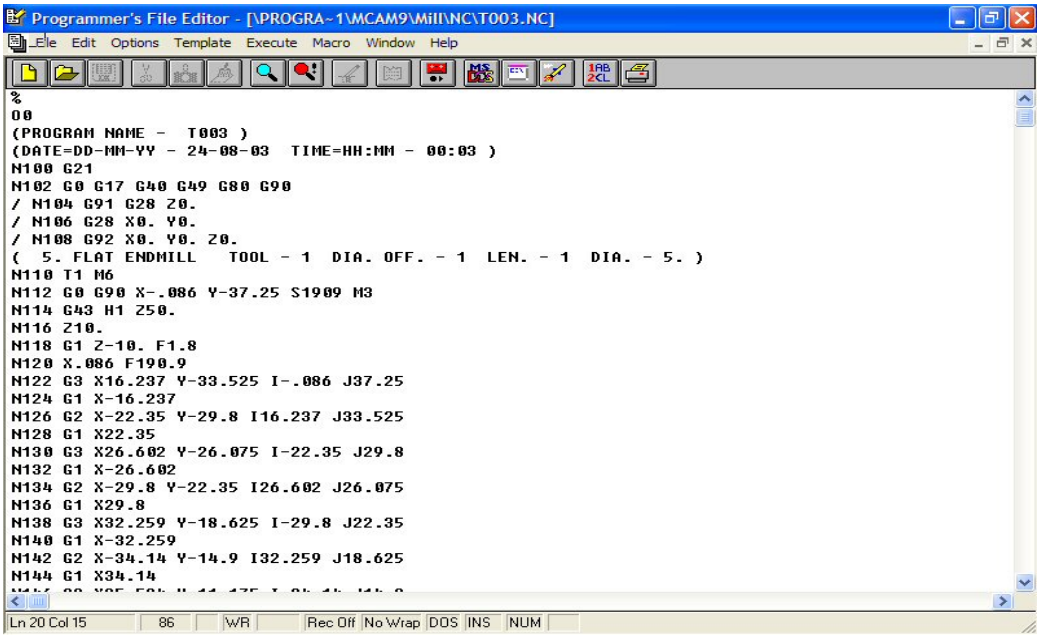
จะปรากฏ Dialog box ดังรูป

เลือก Post processor ให้ถูกชนิดกับเครื่องจักร คลิก ถูก ที่ช่อง Save NC file คลิก Ok



รูปที่ 2.72

จะได้ NC Code ดังรูป



รูปที่ 2.73

2.25 ตัวอย่าง NC CODE File

```
%
O0001
(PROGRAM NAME - T003 )
(DATE=DD-MM-YY - 24-08-03 TIME=HH:MM - 00:03 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
/ N104 G91 G28 Z0.
/ N106 G28 X0. Y0.
/ N108 G92 X0. Y0. Z0.
( 5. FLAT ENDMILL TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 5. )
N110 T1 M6
N112 G0 G90 X-.086 Y-37.25 S1909 M3
N114 G43 H1 Z50.
N116 Z10.
N118 G1 Z-10. F1.8
N120 X.086 F190.9
N122 G3 X16.237 Y-33.525 I-.086 J37.25
N124 G1 X-16.237
N126 G2 X-22.35 Y-29.8 I16.237 J33.525
N128 G1 X22.35
N130 G3 X26.602 Y-26.075 I-22.35 J29.8
N132 G1 X-26.602
N134 G2 X-29.8 Y-22.35 I26.602 J26.075
N136 G1 X29.8
N138 G3 X32.259 Y-18.625 I-29.8 J22.35
N140 G1 X-32.259
N142 G2 X-34.14 Y-14.9 I32.259 J18.625
N144 G1 X34.14
N146 G3 X35.534 Y-11.175 I-34.14 J14.9
N148 G1 X-35.534
N150 G2 X-36.497 Y-7.45 I35.534 J11.175
N152 G1 X36.497
N154 G3 X37.063 Y-3.725 I-36.497 J7.45
N156 G1 X-37.063
N158 G2 X-37.25 Y0. I37.063 J3.725
N160 G1 X37.25
N162 G3 X37.063 Y3.725 I-37.25 J0.
```

N164 G1 X-37.063

N166 G2 X-36.497 Y7.45 I37.063 J-3.725

N168 G1 X36.497

N170 G3 X35.534 Y11.175 I-36.497 J-7.45

N172 G1 X-35.534

N174 G2 X-34.14 Y14.9 I35.534 J-11.175

N176 G1 X34.14

N178 G3 X32.259 Y18.625 I-34.14 J-14.9

N180 G1 X-32.259

N182 G2 X-29.8 Y22.35 I32.259 J-18.625

N184 G1 X29.8

N186 G3 X26.602 Y26.075 I-29.8 J-22.35

N188 G1 X-26.602

N190 G2 X-22.35 Y29.8 I26.602 J-26.075

N192 G1 X22.35

N194 G3 X16.237 Y33.525 I-22.35 J-29.8

N196 G1 X-16.237

N198 G2 X-.086 Y37.25 I16.237 J-33.525

N200 G1 X.086

N202 G0 Z50.

N204 X37.5 Y0.

N206 Z10.

N208 G1 Z-10. F1.8

N210 G3 X0. Y37.5 I-37.5 J0. F190.9

N212 X-37.5 Y0. I0. J-37.5

N214 X0. Y-37.5 I37.5 J0.

N216 X37.5 Y0. I0. J37.5

N218 G0 Z50.

N220 M5

N222 G49 Z50.

N224 G91 G28 Z0.

N226 G28 X0. Y0. A0.

N228 M01

(10. DRILL TOOL - 2 DIA. OFF. - 2 LEN. - 2 DIA. - 10.)

N230 T2 M6

N232 G0 G90 X-40. Y-40. S0 M5

N234 G43 H2 Z10.

N236 M8

```
N238 G99 G81 Z-23.004 R10. F2.4
N240 Y40.
N242 X40.
N244 Y-40.
N246 G80
N248 M5
N250 G49 Z10.
N252 G91 G28 Z0. M9
N254 G28 X0. Y0. A0.
N256 M30
%
```

บทที่ 3
การใช้คำสั่ง Create

3.1 Point and the Point Submenu

Point : เป็นคำสั่งวาดรูปโดยมี (+) เป็นเครื่องหมาย โดยที่จุดนั้นสามารถอ้างอิงได้ถึงการสร้างรูปนั้น ๆ

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Point : Create > Point

ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Point จะมีอยู่ 10 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆดังนี้

Position เป็นการสร้างจุดโดยที่เลือกจากคำสั่งต่าง ๆดังนี้

- Origin
- Center
- Endpoint
- Intersec
- Midpoint
- Point
- Last
- Relative
- Quadrant
- Sketch

Along ent	การสร้างจุดจากเส้นที่วาดหรือที่มีอยู่โดยที่ระยะห่างระหว่างจุดนั้นมี ขนาดระยะทางที่เท่ากัน
Node pts	การเรียกจุดที่ใช้สร้าง parametric spline curve กลับมาใช้งาน
Cpts NURBS	การเรียกจุดควบคุม NURBS Curve หรือ 3D surface กลับมาใช้งาน
Dynamic	การสร้างจุดจากเส้นที่มีอยู่ตลอดทั้งเส้นโดยที่ใช้ mouse ในการกำหนดจุด
Length	การสร้างจุดจากเส้นที่มีอยู่โดยที่กำหนดระยะจากจุดสิ้นสุด
Slice	การสร้างจุดตัดตรงตำแหน่งของ Plane
Srf project	การสร้างจุดบนพื้นผิว(surface)โดยที่จุดเหล่านั้นต้องอยู่บนพื้นผิวโดยตรง
Grid	การสร้างจุดที่มีลักษณะเป็นตารางเรียงกันเป็นแนว(Grid)
Boltcircle	การสร้างจุดที่มีลักษณะวนเป็นเกลียวเหมือนเกลียวน็อต

Create > Point > Position

การใช้คำสั่ง Position เพื่อใช้ในการสร้างจุดโดยใช้ตำแหน่งในการสร้าง (Position) ซึ่งจะมีคำสั่งย่อย 10 คำสั่งต่าง ๆดังนี้

Origin	- คำสั่งสร้างจุดที่จุด Origin (0,0,0) ของหน้าจอ
Center	- คำสั่งสร้างจุดโดยจากการเลือกรูปที่ต้องมีจุดศูนย์กลาง เช่น วงกลม, ส่วนโค้ง

Endpoint – คำสั่งสร้างจุดโดยจาการที่เลือกจากจุดปลายของเส้นตรง , ส่วนโค้งและอื่น ๆ

Intersec – คำสั่งสร้างจุดจากการเลือกใช้จุดตัดกันเช่น เส้นตรงกับเส้นตรง เส้นตรงกับส่วนโค้งและอื่น ๆ

Midpoint – คำสั่งสร้างจุดที่กึ่งกลางโดยจากการเลือกเส้นที่มีอยู่แล้ว

Point – คำสั่งสร้างจุดโดยที่เลือกจากจุดที่มีอยู่

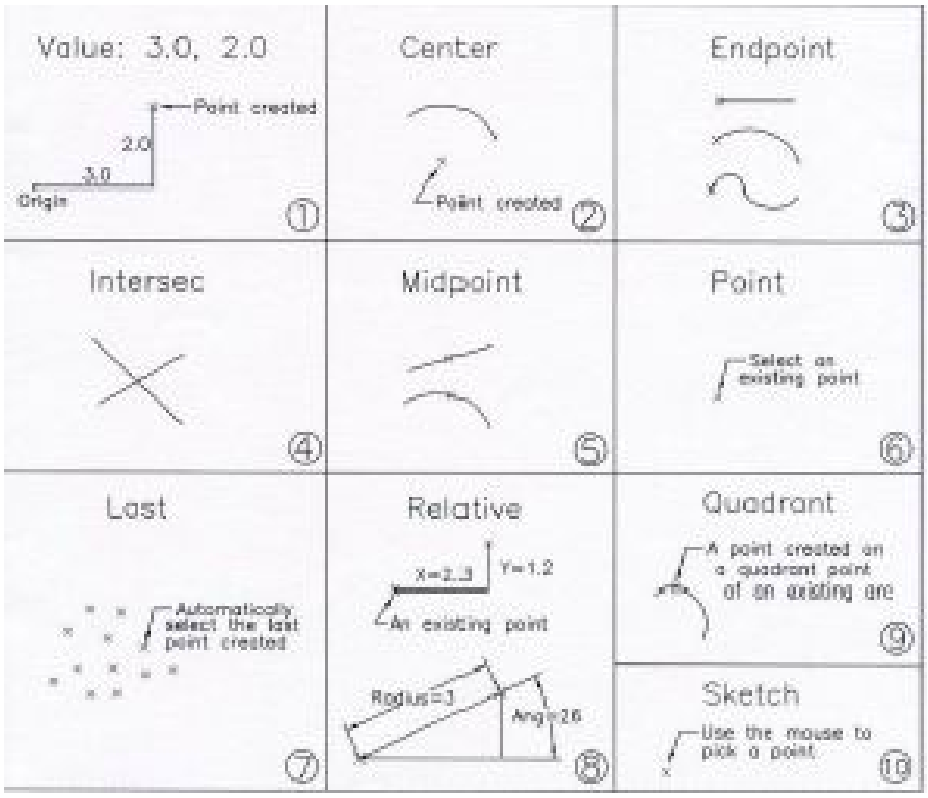
Last – คำสั่งสร้างจุดเลือกจากจุกที่สร้างเป็นจุดสุดท้าย

Relative – การสร้างจุดโดยที่ให้ใกล้เคียงกับระยะทางของจุดที่มีอยู่ โดยที่ค่าระยะทางที่ใส่ไปต้องมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดจริง

Quadrant – การสร้างจุดโดยที่แบ่ง $^{1}/_{4}$ ของวงกลมบนส่วนโค้งที่มีอยู่

Sketch – คำสั่งสร้างจุดโดยที่ใช้ mouse เลื่อนไปสร้างจุดตามต้องการ

จากคำสั่งข้างต้นสามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



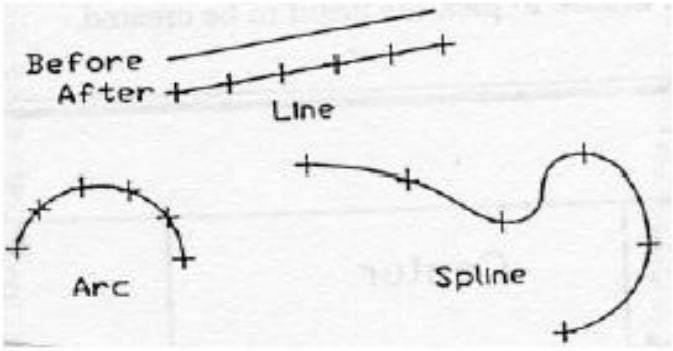
รูปที่ 3.1

Create > Point > Along ent

Along ent : การสร้างจุดจากเส้นที่วาดหรือที่มีอยู่โดยที่ระยะห่างระหว่างจุดนั้นมีขนาดระยะทางที่เท่ากัน

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. เลือกเส้นต่าง ๆที่มีอยู่ เช่น เส้นตรง วงกลม
2. ใช้ mouse คลิกไปเส้นตรงที่ต้องการ หน้าจอจะขึ้นให้ใส่จำนวนแล้วกด Enter จุดจะขึ้นตามที่ต้องการ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2

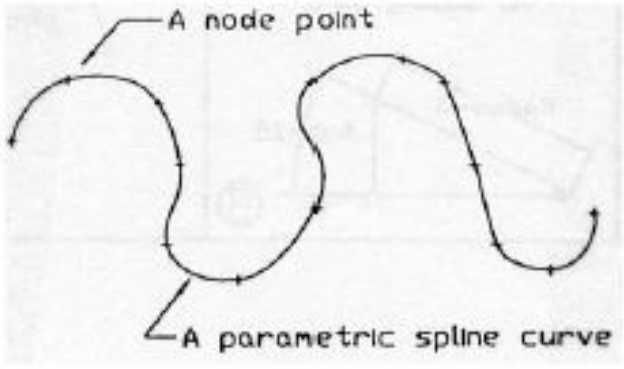
Create > Point > Node pts

Node pts : การเรียกจุดที่ใช้สร้าง parametric spline curve กลับมาใช้งาน ดังรูปที่ 4.5

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

สร้าง parametric spline curve แล้วเลือก parametric spline

<u>Tips</u> – ถ้าเลือกเส้นที่มาทำผิด หน้าจะจะขึ้นว่า “ try again “ ต่อจากนั้นกดปุ่ม Esc เพื่อออกจากการเลือกนั้น



รูปที่ 3.3

Create > Point > Cpts NURBS

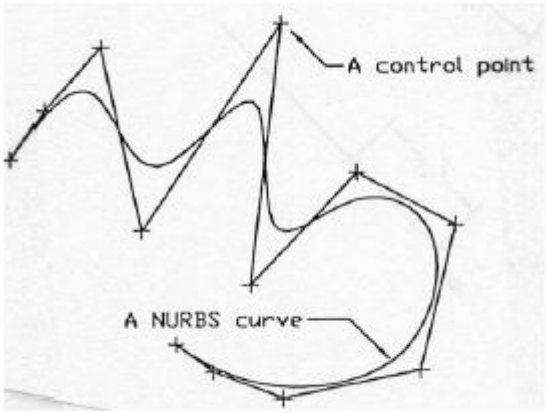
Cpts NURBS : การเรียกจุดควบคุม NURBS Curve หรือ 3D surface กลับมาใช้งาน

วิธีปฏิบัติ

สร้าง NURBS spline แล้วเลือก NURBS Curve หรือ 3D surface

Tips – 1.จุดพวกนี้จะเป็นจุดที่ควบคุมส่วนโค้งหรือพื้นผิวต่าง ๆ (ดังรูปที่ 3.4)

2. ถ้าเลือกเส้นที่จะมาทำผิด หน้าจอ หน้าจะจะขึ้นว่า " try again " ต่อจากนั้นกดปุ่ม Esc เพื่อออกจากการเลือกนั้น



รูปที่ 3.4

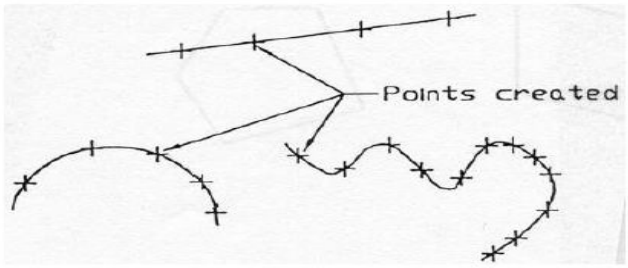
Create > Point > Dynamic

Dynamic : การสร้างจุดจากเส้นที่มีอยู่ตลอดทั้งเส้นโดยที่ใช้ mouse ในการกำหนดจุด (ดังรูปที่ 4.7)

วิธีปฏิบัติ

1. เลือกเส้นต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น เส้นตรง วงกลม
2. เลื่อน mouse ไปที่เส้นต้องการและคลิกที่ปุ่มซ้ายของ mouse เพื่อที่จะสร้างจุด (กดปุ่ม Esc เมื่อต้องการออกจากคำสั่ง)

Note – คำสั่งนี้สามารถสร้างจุดได้มากมายตามที่ต้องการทุกตำแหน่งตลอดทั้งเส้นที่เลือก



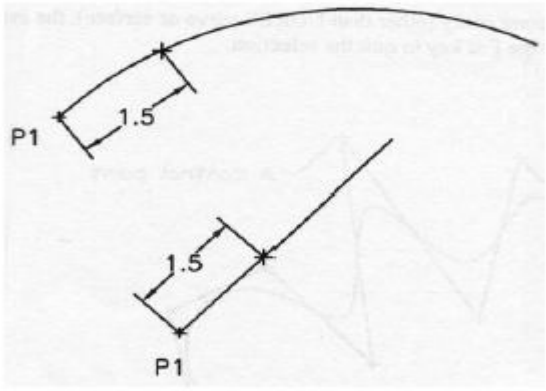
รูปที่ 3.5

Create > Point > Length

Length : การสร้างจุดจากเส้นที่มีอยู่โดยที่กำหนดระยะจากจุดสิ้นสุด (ดังรูปที่ 4.8)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

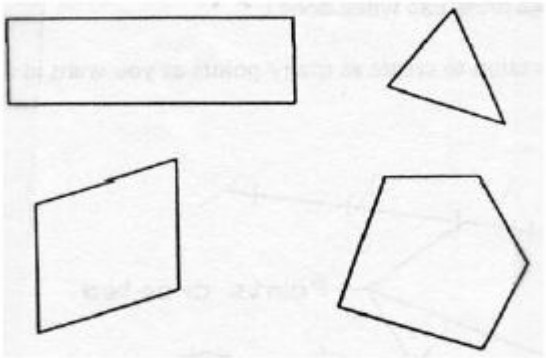
1. สร้างเส้นต่าง ๆ เช่น เส้นตรง วงกลม
2. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่ต้องการ หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ระยะห่าง โดยที่จะวัดจากจุดสุดท้ายของการสร้างเส้น แล้วกดปุ่ม Enter (กดปุ่ม Esc เมื่อต้องการออกจากคำสั่งนั้น)



รูปที่ 3.6

3.2 Line and Line Submenu

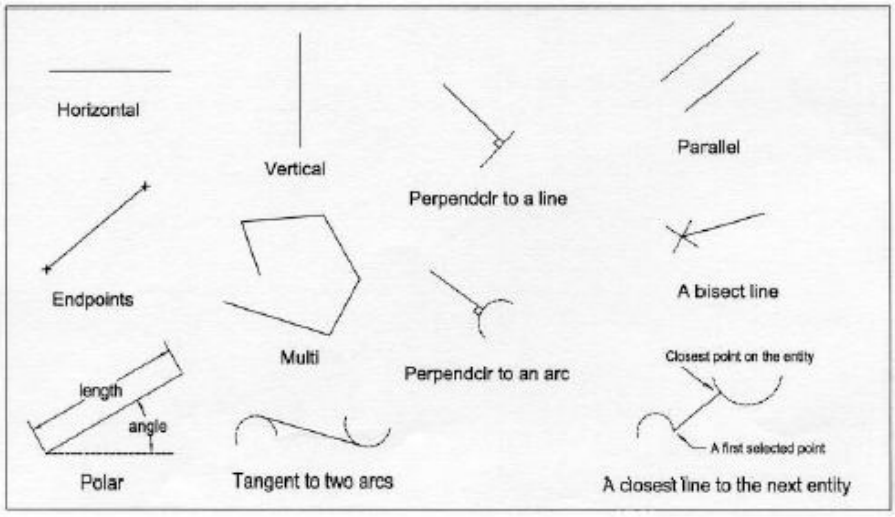
Line เป็นคำสั่งที่ใช้วาดเส้นต่าง ๆบนหน้าจอ โดยที่เส้นนั้นสามารถที่จะเป็นแนวตั้ง , แนวนอน หรือแนวอื่น ๆสามารถที่จะสร้างรูปแบบได้ต่าง ๆมากมายดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Line : Create >line

ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Line จะมีอยู่ 10 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆดังนี้



รูปที่ 3.8

Note – สามารถเปลี่ยนรูปแบบและความหมายของเส้นได้โดยกดปุ่ม Style/Width จาก MAIN MENU ดังที่กล่าวไปแล้ว

Create > Line > Horizontal

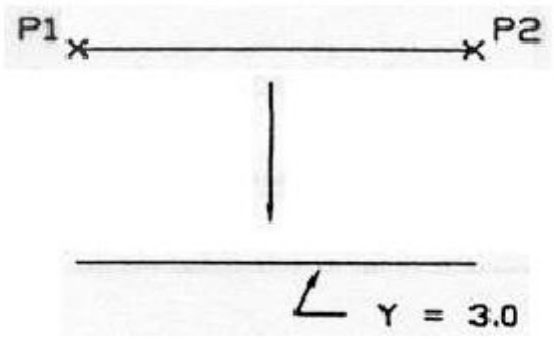
Horizontal : การสร้างเส้นตรงในแนวนอน (ดังรูปที่ 4.13)

วิธีปฏิบัติ

วิธีที่1 ใช้ mouse เลือกตำแหน่ง P1 จากนั้นเลือกตำแหน่ง P2 โดยใช้ mouse คลิกที่จุดใดก็ได้

วิธีที่2 1 ใส่ค่าจุด P1 โดยเทียบกับจุด coordinate แล้วกด Enter

2 ใส่ค่าจุด P2 โดยเทียบกับจุด coordinate เหมือนกัน แล้วกด Enter จากนั้นหน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า y โดยเทียบกับ coordinate แล้วกด Enter (กดปุ่ม Esc เมื่อต้องการออกจากคำสั่ง)



รูปที่ 3.9

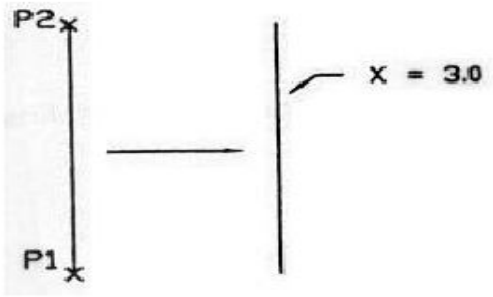
Create > Line > Vertical

Vertical : การสร้างเส้นตรงในแนวตั้ง ดังรูป 3.10

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

<u>วิธีที่1</u> ใช้ mouse เลือกตำแหน่ง P1จากนั้นเลือกตำแหน่ง P2 โดยใช้ mouse คลิกที่จุดใดก็ได้

<u>วิธีที่2</u>
1. ใส่ค่าจุดP1 โดยเทียบกับจุด coordinate แล้วกด Enter
2. ใส่ค่าจุดP2โดยเทียบกับจุด coordinate เหมือนกัน แล้วกด Enter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า x โดยเทียบกับ coordinate แล้วกด Enter (กดปุ่ม Esc เมื่อต้องการออกจากคำสั่ง)



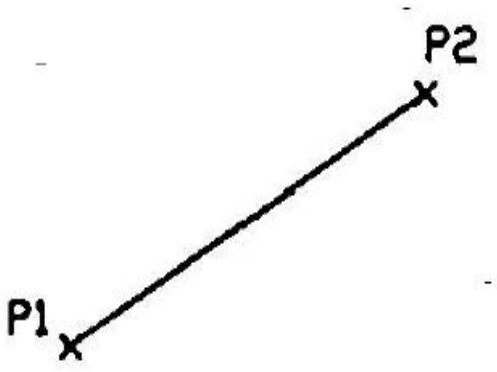
รูปที่ 3.10

Create > Line > Endpoint

Endpoint : การสร้างเส้นโดยที่มีจุดสิ้นสุด 2จุด (ดังรูปที่ 3.11)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

ใช้ mouse คลิกไปที่จุดใดก็ได้โดยที่ให้จุดแรกเป็น P1 และจุดสุดท้ายเป็น P2



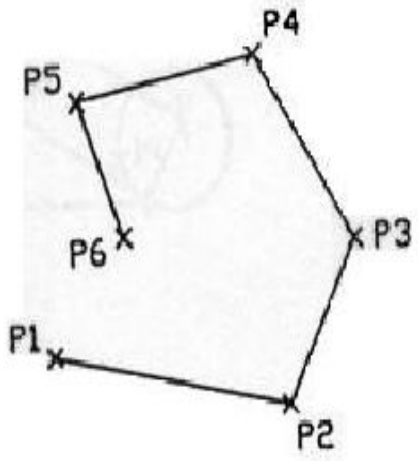
รูปที่ 3.11

Create > Line > Multi

Multi : การสร้างเส้นตรงโดยที่จุดสุดท้ายของเส้นนั้นจะเป็นจุดเริ่มต้นของอีกเส้นหนึ่งทำไปเรื่อย ๆจนเป็นลูกโซ่ (ดังรูปที่ 4.16)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

ใช้ mouse คลิกไปที่จุดใดก็ได้โดยที่ให้จุดแรกเป็นP1 คลิกจุดต่อไปเรื่อย ๆ เส้นจะต่อกันเองโดยอัตโนมัติ (กดปุ่ม Esc หรือกดปุ่ม BACKUP เมื่อต้องการออกจากคำสั่ง)



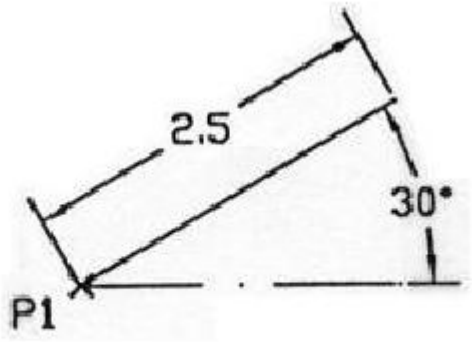
รูปที่ 3.12

Create > Line > Polar

Polar : การสร้างเส้นโดยที่เทียบกับจุด coordinate (ดังรูปที่ 3.13)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. ใช้ mouse เลือกกำหนดจุด P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ามุมที่เทียบกับจุด coordinate แล้วกด Enter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าความยาว แล้วกด Enter



รูปที่ 3.13

Create > Line > Tangent

Tangent : การสร้างเส้นตรงให้ไปสัมผัสส่วนโค้งหรือวงกลม ซึ่งมีคำสั่งอยู่ 3 คำสั่ง ดังนี้

Angle	การสร้างเส้นตรงโดยที่กำหนดมุมและความยาวที่จะไปสัมผัสกับส่วนโค้ง
2 arcs	การสร้างเส้นให้สัมผัสกับส่วนโค้งทั้ง 2 ส่วนโค้ง
Point	การสร้างเส้นตรงให้ไปสัมผัสส่วนโค้งหรือเส้นตรงไปจนถึงจุดที่กำหนด

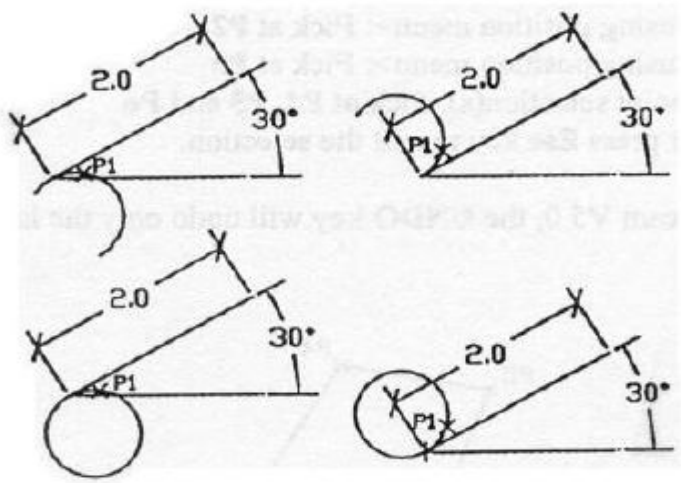
Create > Line > Polar > Angle

Angle : การสร้างเส้นตรงโดยที่กำหนดมุมและความยาวที่จะไปสัมผัสกับส่วนโค้ง

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างส่วนโค้งหรือวงกลมให้คล้ายกับรูปใดรูปหนึ่ง (ดังรูปที่ 3.14)
2. ใช้ mouse คลิกเลือกส่วนโค้ง
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ามุมที่เทียบกับจุด coordinateแล้วกดEnter
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าความยาวของเส้น แล้วกดEnter
5. ใช้ mouse คลิกเส้นที่ต้องการจะเก็บไว้ (ส่วนเส้นที่เกินจากส่วนโค้งจะถูกลบทิ้ง)

Note – ในการสร้างจะมีส่วนของเส้นตรงอยู่ 2 เส้น ในวิธีปฏิบัตินี้ จะต้องเลือกเก็บไว้เพียง 1เส้น



รูปที่ 3.14

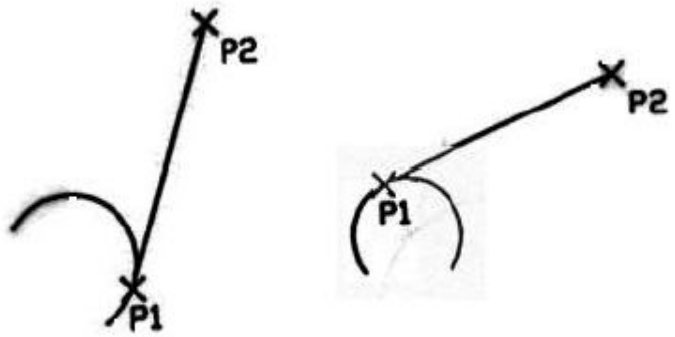
Create > Line > Angle > Point

Point : การสร้างเส้นตรงให้ไปสัมผัสกับส่วนโค้งหรือเส้นโค้งไปจนถึงจุดที่กำหนด (ดังรูปที่ 3.15)

วิธีปฏิบัติ

1. สร้างส่วนโค้ง
2. ใช้ mouse เลือกส่วนโค้งนั้นให้ส่วนโค้งนั้นเป็น P1
3. กำหนดจุดสิ้นสุดโดยใช้ mouse คลิกโดยให้เป็น P2
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ความยาวของเส้นตรง แล้วกด Enter

Note – ระยะทางระหว่างจุดที่สัมผัสจนไปถึงจุด P2 จะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.15

Create > Line > Perpendclr

Perperdclr : การสร้างเส้นตรงให้ไปตั้งฉากกับเส้นตรง , ส่วนโค้ง , หรือ NURBS curve โดยมีคำสั่ง 2 คำสั่ง ดังนี้

Point	การสร้างเส้นตรงให้ไปตั้งฉากกับเส้นตรง , ส่วนโค้งหรือเส้นโค้งอีกเส้น
Arc	การสร้างเส้นตรงให้ไปตั้งฉากโดยที่เส้นตรงตั้งฉากนั้นเป็นเส้นสัมผัสส่วนโค้ง

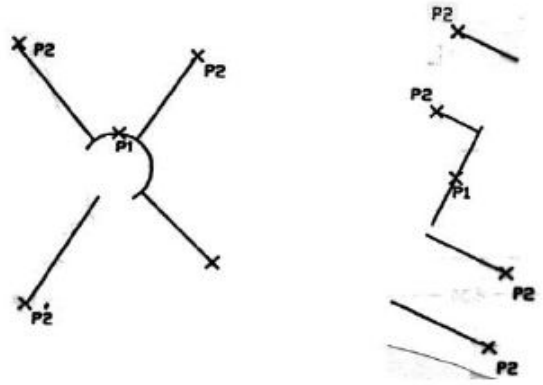
Create > Line > Perpendclr > Point

Point : การสร้างเส้นตรงให้ไปตั้งฉากกับเส้นตรง , ส่วนโค้ง หรือเส้นโค้งอีกเส้นหนึ่ง (ดังรูปที่ 3.16)

วิธีปฏิบัติ

1. สร้างเส้นตรงหรือส่วนโค้ง
2. ใช้ mouse เลือกเส้นตรงหรือส่วนโค้งโดยที่ให้เป็น P1
3. ใช้ mouseคลิดเลือกจุดใดก็ได้ให้เป็นจุดสิ้นสุดโดยที่ให้เป็น P2
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ความยาวของเส้นตรง แล้วกด Enter

Note – ดังรูป เส้นที่สร้างนั้นจะไม่มีทางที่เส้นมาตั้งฉากนั้นจะไปตัดกับเส้นตรงหรือเส้นโค้งที่เลือก Mastercam จะคำนวณโดยอัตโนมัติ เพื่อที่จะไม่ให้เส้นที่ไปตัดกับเส้นตรงหรือส่วนโค้ง



รูปที่ 3.16

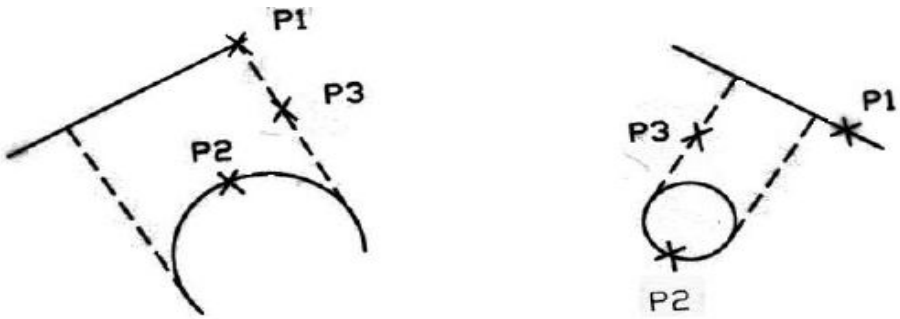
Create > Line > Perpendclr > Arc

Arc : การสร้างเส้นตรงให้ไปตั้งฉากโดยที่เส้นตรงตั้งฉากนั้นเป็นเส้นสัมผัสส่วนโค้ง (ดังรูปที่ 4.22)

วิธีปฏิบัติ

1. สร้างเส้นตรงหรือส่วนโค้ง
2. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นตรงโดยที่ให้เป็น P1
3. ใช้ mouse คลิกเลือกส่วนโค้งแล้วเส้นสัมผัสจะมาตั้งฉากกับส่วนโค้งโดยที่ให้ส่วนโค้งนั้นเป็นP2
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ความยาวของเส้นที่ตั้งฉาก แล้วกด Enter

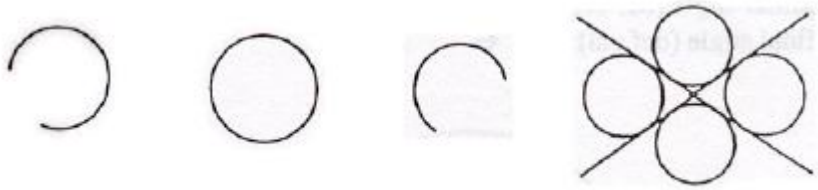
5. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่ตั้งฉากเส้นใดเส้นหนึ่งเก็บไว้ โดยที่ให้เส้นนั้นเป็น P3



รูปที่ 3.17

3.3 Arc and the Arc Submenu

คำสั่ง Arc เป็นคำสั่งใช้ในการสร้างส่วนโค้งวงกลมและวงกลม ในรูปที่ 4.25 และแสดงส่วนโค้งวงกลมและวงกลมที่สามารถสร้างได้หลายแบบ MASTERCAM จะแบ่งการสร้างส่วนโค้ง
วงกลมออกเป็น 4 วิธี และวงกลมแบ่งออกเป็น 5 วิธี



รูปที่ 3.18

ใน MASTERCAM ส่วนโค้งและวงกลมสามารถสร้างโดยใช้คำสั่งได้หลายอย่าง โดยเลือกคำสั่ง Create > Arc จาก MAIN MENU จากนั้นก็จะเห็นเมนูย่อยของส่วนโค้ง โดยที่รูปร่างของส่วนโค้งนั้น จะเป็นไปตามคำสั่งดังต่อไปนี้
ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Arc จะมีอยู่ 9 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆ ดังนี้

Create > Arc > Polar

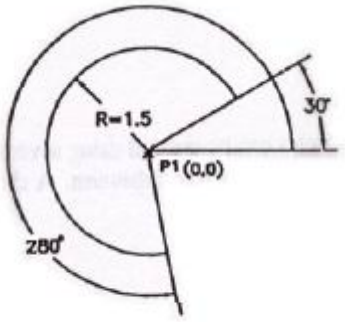
สร้างส่วนโค้งใช้เทียบกับจุด coordinate ในคำสั่ง Polar จะมีอยู่ 4 คำสั่ง ดังนี้

Create > Arc > Polar > Center pt

การสร้างส่วนโค้งโดยที่กำหนดจุดศูนย์กลาง , รัศมี , มุมเริ่มต้น และมุมสุดท้าย (ดังรูปที่ 3.19)

วิธีปฏิบัติ

1. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ จุดศูนย์กลาง แล้วกดEnter
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ รัศมี แล้วกดEnter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ มุมเริ่มต้น แล้วกดEnter
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ มุมสุดท้าย แล้วกดEnter



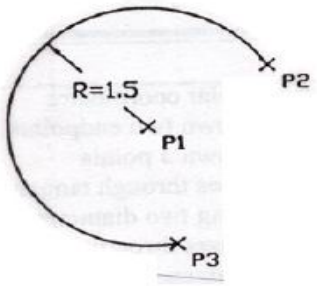
รูปที่ 3.19

Create > Arc > Polar > Sketch

การสร้างส่วนโค้งโดยที่กำหนดจุดศูนย์กลาง , รัศมี , มุมเริ่มต้น และมุมสุดท้าย โดยที่เลือกมุมต่างๆ นั้นมาจากการใช้ mouse (ดังรูปที่ 3.20)

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดศูนย์กลาง โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า รัศมี แล้วกด Enter
3. ใช้ mouse คลิกเลือกตำแหน่งโดยที่ให้จุดนั้นเป็นP2 และP3 ตามลำดับ



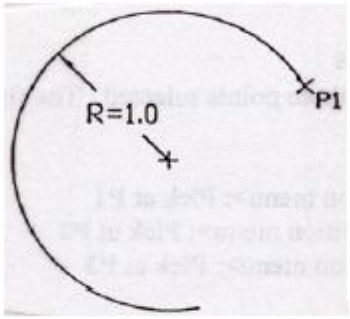
รูปที่ 3.20

Create > Arc < Polar > Start pt

การสร้างส่วนโค้งโดยที่กำหนดจุดศูนย์กลาง , รัศมี , มุมเริ่มต้น และมุมสุดท้าย โดยที่เลือกมุมต่างๆ นั้นมาจากการใช้ keyboard(ดังรูปที่ 3.21)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดเริ่มต้น โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า รัศมี แล้วกด Enter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า มุมเริ่มต้น แล้วกด Enter
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า มุมสุดท้าย แล้วกด Enter



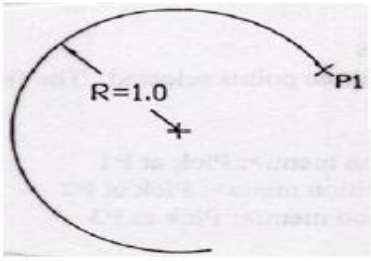
รูปที่ 3.21

Create > Arc < Polar > Endpoint pt

การสร้างส่วนโค้งโดยที่กำหนดจุดศูนย์กลาง , รัศมี , มุมเริ่มต้น และมุมสุดท้าย โดยที่เลือกมุมต่างๆ นั้นมาจากการใช้ keyboard(ดังรูปที่ 3.22)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดสุดท้ายโดยที่ให้จุดนั้นเป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า รัศมี แล้วกด Enter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า มุมเริ่มต้น แล้วกด Enter
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า มุมสุดท้าย แล้วกด Enter



รูปที่ 3.22

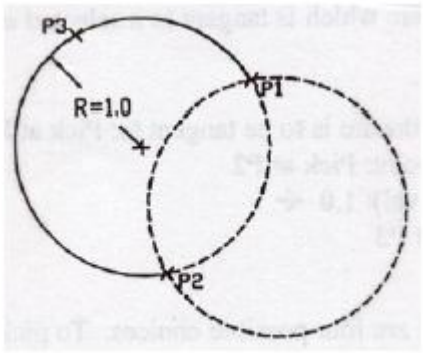
Create > Arc > Endpoints

Endpoint : การสร้างส่วนโค้งโดยที่กำหนดจุดปลาย 2 จุดและรัศมี โดยทั่วไปแล้วการสร้างแบบนี้จะมีส่วนโค้งให้เลือก 2 เส้น จึงทำให้สามารถเปลี่ยนได้ตามต้องการ

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเพื่อกำหนดจุดแรก โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P1
2. ใช้ mouse คลิกเพื่อกำหนดจุดที่2 โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P2
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมี แล้วกด Enter
4. ใช้ mouse คลิกเพื่อเลือกส่วนโค้งที่ต้องการ โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P3

Tips- ในตัวอย่างจะเห็นได้ว่ามีส่วนโค้งให้เลือกทั้งหมด 4 เส้น ในการเลือกส่วนโค้งที่ต้องการนั้นใช้ mouse คลิกเลือกจุดจากส่วนโค้งปิด



รูปที่ 3.23

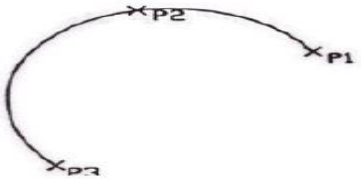
Create > Arc > 3 Points

3 point : การสร้างส่วนโค้งที่ลากผ่านจุด 3 จุดที่เลือก โดยที่จุดแรกกับจุดที่ 3เป็นจุดปลายของส่วนโค้ง

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเพื่อกำหนดจุดแรก โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P1
2. ใช้ mouse คลิกเพื่อกำหนดจุดที่2 โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P2
3. ใช้ mouse คลิกเพื่อกำหนดจุดที่3 โดยที่ให้จุดนั้นเป็น P3

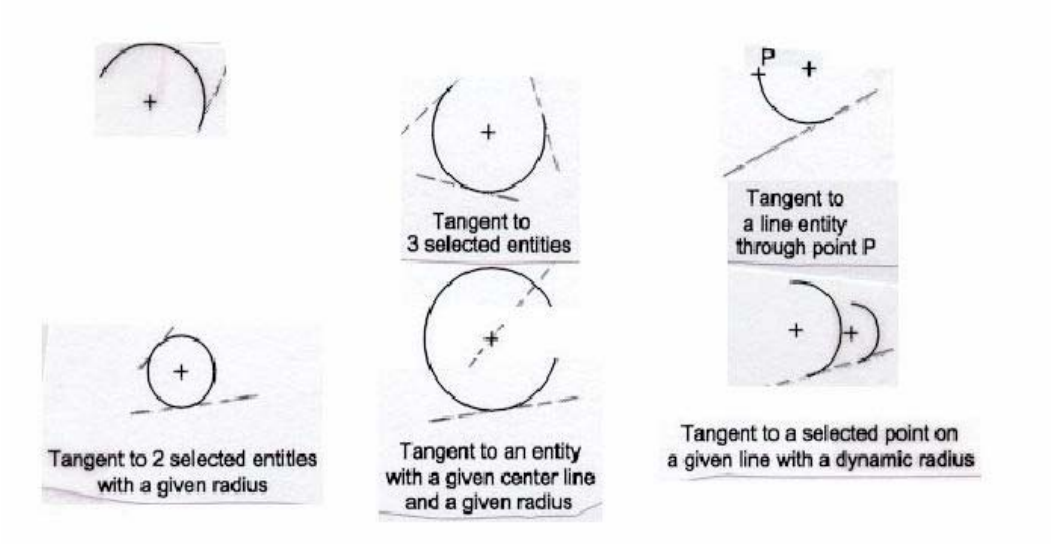
Note- 3 จุดที่เลือกนั้นอาจไม่เหมือนกันทุกเส้น



รูปที่ 3.24

Create > Arc > Tangent

Tangent : การสร้างส่วนโค้งจากการใช้เส้นสัมผัส 1เส้น , 2 เส้น , 3 เส้น หรือส่วนโค้ง ในคำสั่ง Tangent



รูปที่ 3.25

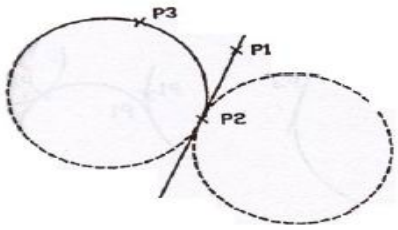
Create > Arc > Tangent > 1 entity

1 entity : การสร้างส่วนโค้ง 180 °โดยใช้เส้นสัมผัสที่เลือกมา 1เส้น

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรง 1 เส้น แล้วกำหนดให้เส้นตรงเส้นนั้นเป็นเส้นสัมผัสวงกลม โดยที่ให้เป็น P1
2. ใช้mouse คลิกเลือกจุดที่จะเป็นจุดสัมผัส โดยที่ให้เป็น P2
3. หน้าจดจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมี แล้วกด Enter
4. ใช้ mouse คลิกเลือกส่วนโค้งที่ต้องการและกำหนดจุดที่ส่วนโค้งนั้นเป็นจุดP3

<u>tips</u> – ในตัวอย่างจะเห็นได้ว่ามีส่วนโค้งให้เลือก 4 เส้น จึงต้องใช้ mouse เลือกส่วนโค้งที่ต้องการ



รูปที่ 3.26

Create > Arc > Tangent > 2 entity

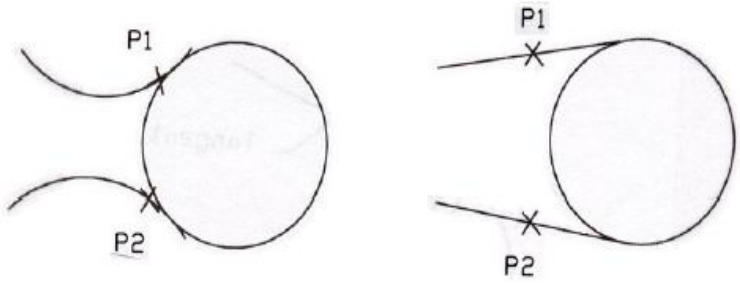
2 entity : การสร้างส่วนโค้ง 360 ° โดยใช้เส้นสัมผัสที่เลือกมา 2 เส้น

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรงหรือส่วนโค้ง 2เส้น
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมี แล้วกด Enter
3. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่จะให้มาเป็นสัมผัส โดยที่ให้เป็นP1
4. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่จะให้มาเป็นสัมผัส โดยที่ให้เป็นP2

Tips – 1. ควรเลือกเส้นที่ใกล้ที่สุดให้มาเป็นจุดสัมผัส

2. ถ้าใส่ค่ารัศมีมากเกินไป MASTERCAM จะแสดงเส้นโค้งออกมาหลายเส้น จึงต้องตัดสินใจเลือกเพียง 1เส้น



รูปที่ 3.27

Create > Arc > Tangent > 3 entity

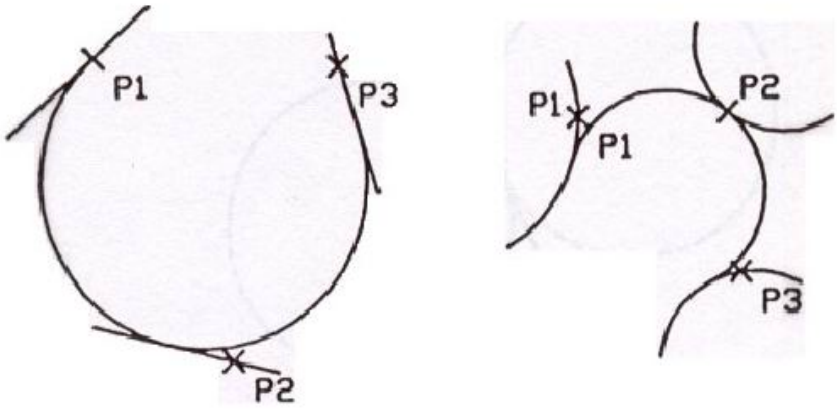
3 entity : การสร้างส่วนโค้ง โดยที่ลากผ่านเส้นสัมผัสทั้ง 3 เส้น โดยใช้เส้นสัมผัสที่เลือกมา 3 เส้น

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรงหรือส่วนโค้ง 3 เส้น
2. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นตรงหรือส่วนโค้ง โดยที่ให้เป็นP1
3. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นตรงหรือส่วนโค้ง โดยที่ให้เป็นP2
4. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นตรงหรือส่วนโค้ง โดยที่ให้เป็นP3

Tips – 1. ควรเลือกเส้นที่ใกล้ที่สุดให้มาเป็นจุดสัมผัส

2. การใช้คำสั่งในการเลือกนั้นจะมีผลกับทิศทางของส่วนโค้ง



รูปที่ 3.28

Create > ARC > Tangent > Center line

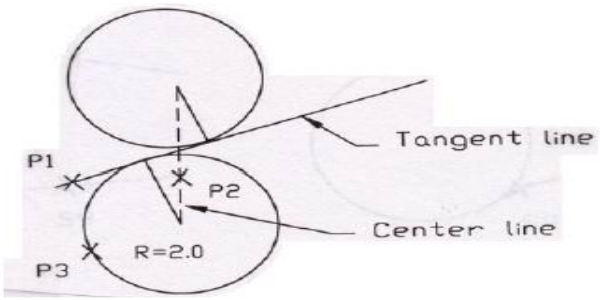
Center line : การสร้างส่วนโค้ง 360 °โดยที่มีเส้นตรง 1 เส้นเป็นเส้นสัมผัสวงกลมและมีเส้นตรงอีกเส้นลากผ่านจุดศูนย์กลาง

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรง 2 เส้นที่ไม่ขนานกัน
2. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่จะให้เป็นเส้นสัมผัสวงกลม โดยที่ให้เป็น P1
3. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่อยู่ในวงกลมและผ่านจุดศูนย์กลางวงกลม โดยที่ให้เป็น P2
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมีของวงกลม แล้วกด Enter
5. ใช้ mouse คลิกเลือกส่วนโค้งที่ต้องการ โดยที่ให้เป็นP3

<u>Tips</u>- 1. ในตัวอย่างจะมี 2 ส่วนโค้งให้เลือก จึงต้องตัดสินใจเลือกส่วนโค้งในขั้นตอนสุดท้าย

2. เส้นที่สัมผัสและเส้นผ่านจุดศูนย์กลางนั้น ต้องไม่ขนานกัน



รูปที่ 3.29

Create > Arc > Tangent > Point

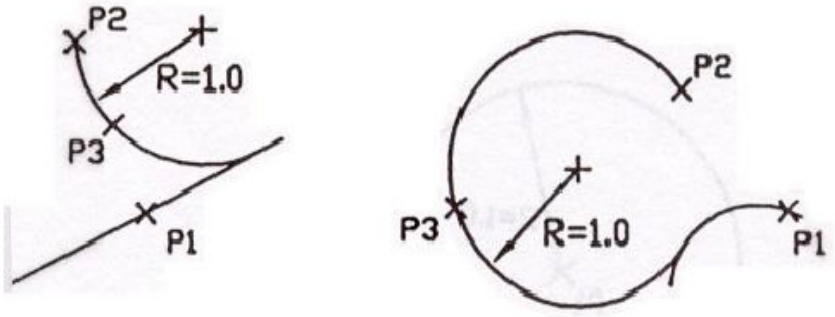
Point : การสร้างส่วนโค้งโดยที่มีเส้นสัมผัสและส่วนโค้งนั้นผ่านจุดที่เลือก

วิธีปฏิบัติ

1. สร้างเส้นตรงหรือส่วนโค้ง
2. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่จะให้เป็นเส้นสัมผัสวงกลม โดยที่ให้เป็น P1
3. ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดที่จะให้เส้นโค้งผ่านจุดนั้น โดยที่ให้เป็น P2
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมีแล้วกด Enter
5. ใช้ mouse คลิกเลือกส่วนโค้ง โดยกำหนดจุดบนส่วนโค้งที่ต้องการ โดยที่ให้เป็นP3

Tips – 1. ควรเลือกเส้นที่ใกล้ที่สุดให้มาเป็นจุดสัมผัส

2. ถ้ามีส่วนโค้งให้เลือกมากกว่า 1 เส้นให้ใช้ mouse เลือกบนจุดที่ส่วนโค้งที่ต้องการ



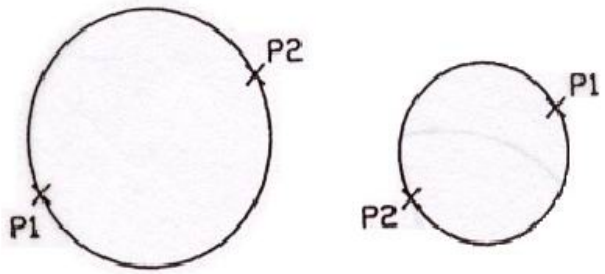
รูปที่ 3.30

Create > Arc > Circ 2 pts

Circ 2 pts : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุด2 จุด โดยที่จุดนั้นอยู่บนเส้นรอบวง

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดแรก โดยที่ให้เป็น P1
2. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดที่2 โดยที่ให้เป็น P2



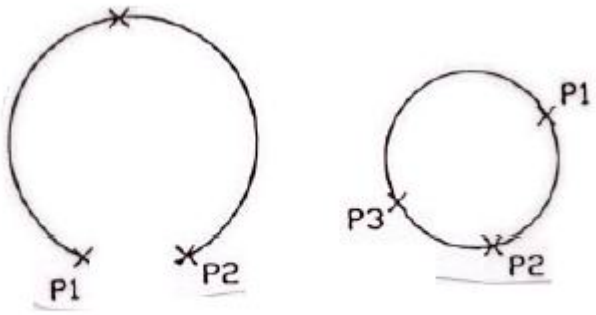
รูปที่ 3.31

Create > Arc > Circ 3 pts

Circ 3 pts : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุด3 จุด แล้วจุด 3 จุดนั้นจะอยู่บนเส้นรอบวงโดยที่ 3 จุดนั้นไม่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดแรก โดยที่ให้เป็น P1
2. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดที่2 โดยที่ให้เป็น P2
3. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดที่3 โดยที่ให้เป็น P3



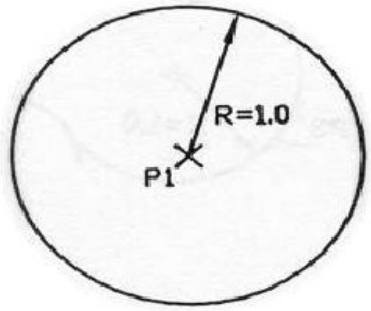
รูปที่ 3.32

Create > Arc > Circ pt+rad

Circ pt+rad : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมี

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเลือกกำหนดจุดศูนย์กลาง โดยที่ให้เป็นP1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมี แล้วกด Enter



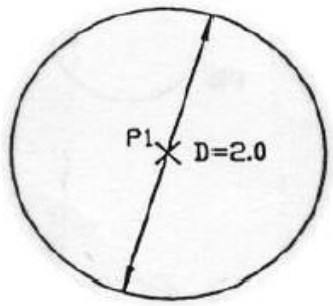
รูปที่ 3.33

Create > Arc > Circ pt+dia

Circ pt+dia : การสร้างวงกลมโดยที่กำหนดจุดศูนย์กลางและเส้นผ่านศูนย์กลาง

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. ใช้ mouse คลิกเลือกกำหนดจุดศูนย์กลาง โดยที่ให้เป็นP1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง แล้วกด Enter



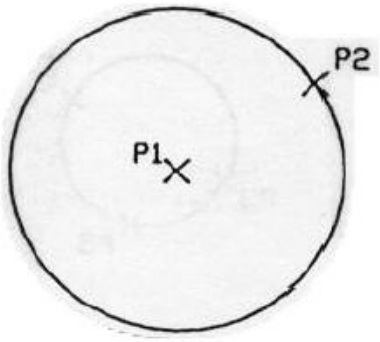
รูปที่ 3.34

Create > Arc > Circ pt+edge

Circ pt+edge : การสร้างวงกลมโดยที่กำหนดจุดศูนย์กลางและจุดที่อยู่บนเส้นรอบวง

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. ใช้ mouse คลิกเลือกกำหนดจุดศูนย์กลาง โดยที่ให้เป็น P1
2. ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดซึ่งจะเป็นจุดบนเส้นรอบวงโดยที่ให้เป็น P2



รูปที่ 3.35

3.4 Fillet and the Fillet Submenu

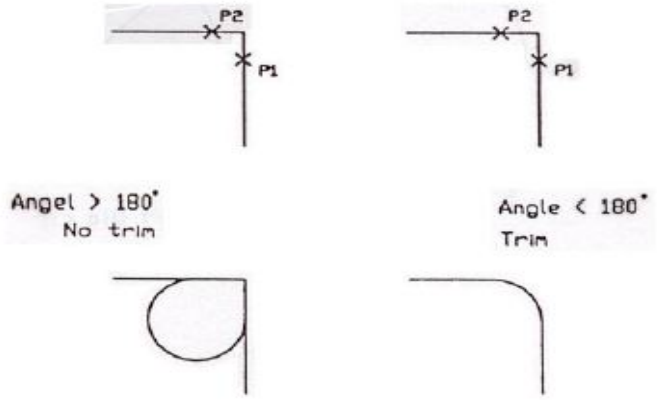
ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Fillet: Create > Fillet

ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Fillet จะมีอยู่ 4 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆ ดังนี้

การสร้าง Fillet ระหว่างเส้นตรง 2 เส้น

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรง 2 เส้น เลือก
2. เปลี่ยนค่า Fillet (รัศมี , มุม , และคำสั่งลบมุม) ตามต้องการ
3. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นแรก โดยที่ให้เป็น P1
4. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่2 โดยที่ให้เป็น P2



รูปที่ 3.36

คำสั่งที่สร้าง Fillet หลาย ๆมุมจากเส้นที่ยาวต่อกันเรื่อย ๆพร้อมกันในคราวเดียว

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรงที่ต่อกันไปเรื่อย ๆโดยใช้คำสั่ง Create > Line > Multi
2. เลือกและเปลี่ยนค่า Fillet (รัศมี , มุม , และคำสั่งลบมุม) ตามต้องการ
3. เลือกคำสั่ง Chain ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่จะใช้คำสั่ง Chain โดยที่ให้เป็นP1
4. เลือกคำสั่ง Done

รูปที่ 3.37

3.5 Spline and the Spline Submenu

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Spline: Create > Spline

ในการสร้างเส้นโค้งจะมีเส้นโค้งอยู่ 2 แบบ คือ Parametric spline (Type P) และ NURBS spline (Type N)

NURBS ย่อมาจาก Non-Uniform Retional B-Spline curveหรือ surface โดยทั่วไป NURBS จะเป็นเส้นโค้งที่มีความราบเรียบสม่ำเสมอ และง่ายต่อการแก้ไข โดยที่กดไปที่จุดต้าง ๆ แล้วควบคุม เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากมาย ในการสร้างเส้นโค้งและพื้นผิวต่าง ๆ สำหรับอุตสาหกรรม

ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Spline จะมีอยู่ 4 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆดังนี้

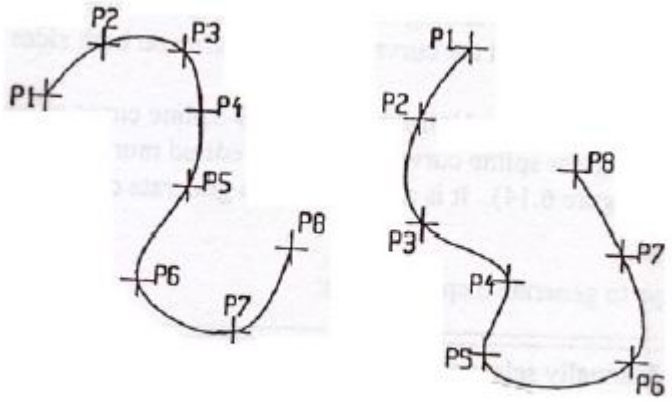
คำสั่ง Ends เป็นคำสั่งที่เปลี่ยนความชันของเส้นโค้งที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย ถ้าไม่ใส่ค่าอะไรเลยให้ใส่ค่าตัว N

Create > Spline > Manual

การสร้าง Spline โดยต้องกำหนดจุดควบคุมเส้น Spline เอง

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

ใช้ mouse คลิกเลือกจุดต่าง ๆที่จะเป็นเส้นโค้ง โดยให้เป็น P1,P2,P3 ตามลำดับ กดปุ่ม BACKUP หรือกดปุ่ม Esc เพื่อที่จะเสร็จสิ้นจาการเลือกจุดและจะสร้างเส้นโค้งต่อไป



รูปที่ 3.38

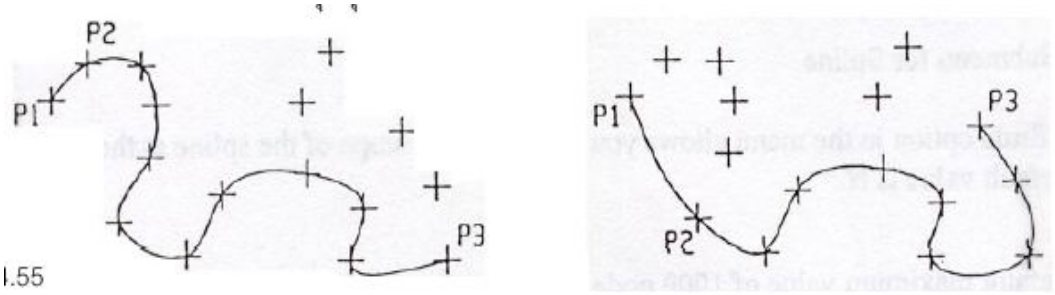
Create > Spline > Automatic

สร้างเส้น Spline โดยต้องกำหนดจุดควบคุมเส้น Spline โดยอัตโนมัติ โดยที่เลือกจุดแรก จุดที่สองและจุดสุดท้ายของเส้นโค้ง ระบบจะดำเนินการสร้างเส้น Spline โดยอัตโนมัติ จากจุดที่มีเลือกมากมาย ภายในขอบเขตที่กว้าง ๆ

1. สามารถเลือกคำสั่งในการสร้างจุดแรก จุดที่สองและจุดสุดท้ายได้จากคำสั่ง Create > Point command
2. ถ้าใช้คำสั่ง Create > Spline > Manual ระบบจะไม่ทำงานตามต้องการ

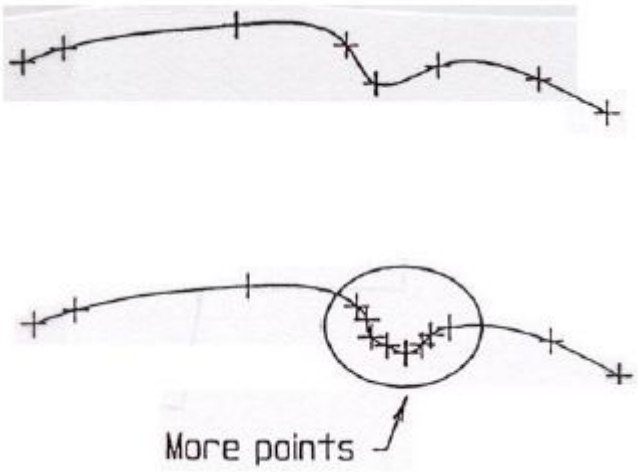
<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างจุดหลายจุดดังรูปที่ 4.55
2. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดแรก โดยที่ให้เป็น P1
3. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดที่ 2 โดยที่ให้เป็น P2
4. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดสุดท้ายโดยที่ให้เป็น P3



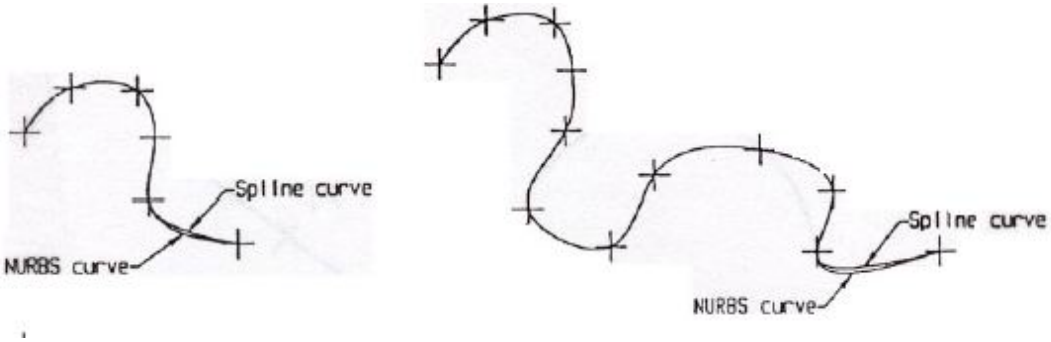
รูปที่ 3.39

เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นโค้งให้ละเอียดขึ้น ก็จะต้องสร้างจุดมาก ๆ ในบริเวณที่ต้องการจะทำให้ทิศทางของเส้นโค้งละเอียดมากขึ้น ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40

การเปรียบเทียบระหว่าง NURBS และ parametric spline curve หลังจากที่สร้างจุดจากจุดที่เหมือนกันดังรูปที่ 3.41 หมายเหตุจะแตกต่างที่จุดเริ่มต้นและที่จุดสิ้นสุด



รูปที่ 3.41

Create > Spline > Curve

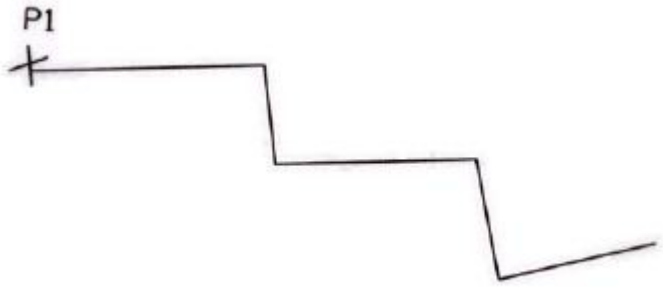
คำสั่งสร้างเส้น Spline จากเส้นที่มีอยู่แล้ว สามารถสร้างเส้นโค้งจากเส้นที่มีอยู่แล้วหรือมาจาการรวมกันของเส้นโค้งต่าง ๆ (การรวมกันส่วนโค้ง เส้นตรงหรือเส้นโค้ง) ถ้าต้องการสร้างเส้นโค้งจากเส้นที่มีอยู่อย่างเดียว ให้คลิกคำสั่ง single ถ้าต้องการสร้างจากหลายเส้นที่มีอยู่มาเชื่อมต่อกันให้คลิกที่คำสั่ง Chain

Create > Spline > Curve > Chain

คำสั่งสร้างเส้น Spline จากเส้นที่มีอยู่หลายเส้น ซึ่งเส้นเหล่านั้นมาต่อเรียงกัน

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างเส้นตรงหลายเส้นให้ต่อกันดังรูปที่ 4.58 โดยที่ใช้คำสั่ง Create > Line > Multi > Sketch
2. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดแรกที่จะเริ่มต้นของการสร้างเส้นโค้ง โดยที่ให้เป็น P1
3. เลือกคำสั่ง Done > Do it เลือกที่เส้นตรงแรกที่สร้าง จากนั้นก็เปลี่ยนเป็น NURBS curve



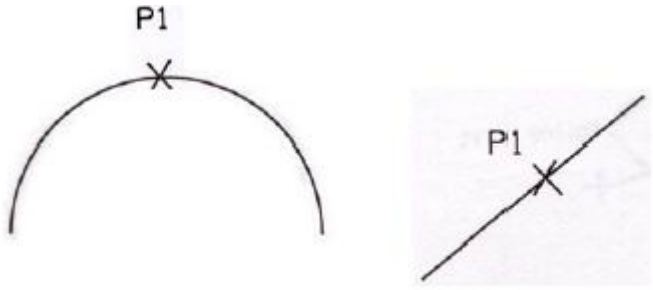
รูปที่ 3.42

Create > Spline > Curve > Chain > Single

คำสั่งสร้างเส้น Spline จากเส้นที่มีอยู่เพียงเส้นเดียวไม่ว่าจะเป็นส่วนโค้งหรือเส้นตรง

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างส่วนโค้งหรือเส้นตรง ดังรูปที่ 3.43
2. ใช้ mouse คลิกจุดที่จะให้เป็นเส้นโค้ง โดยที่ให้เป็นP1
3. เลือกคำสั่ง Done > Do it (ส่วนโค้งหรือเส้นตรงเส้นแรกก็จะถูกเปลี่ยนเป็น NURBS)



รูปที่ 3.43

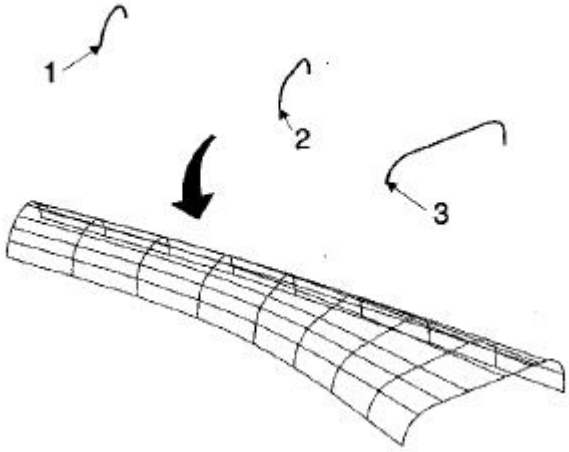
Surface

คำจำกัดความของ surface ที่สามรถอธิบายง่าย ๆก็คือ พื้นผิวของรูปร่าง 3 มิติที่มีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายกับแผ่นกระดาษ โดย surface จะมีขอบเขตที่เรียกว่า wire frame ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงให้กับ surface ให้ลองนึกว่า ว่าว ที่ต้องมีโครงก่อนที่จะเอากระดาษมาแปะทับไปตามโครง ซึ่งก็คือ wire frame กระดาษก็คือ surface นั่นเอง ในที่นี้จะอธิบายชนิดของ surface ที่ผู้ใช้สามารถสร้างสรรค์โปรแกรม Mastercam พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างประกอบในแต่ละชนิดของ surface

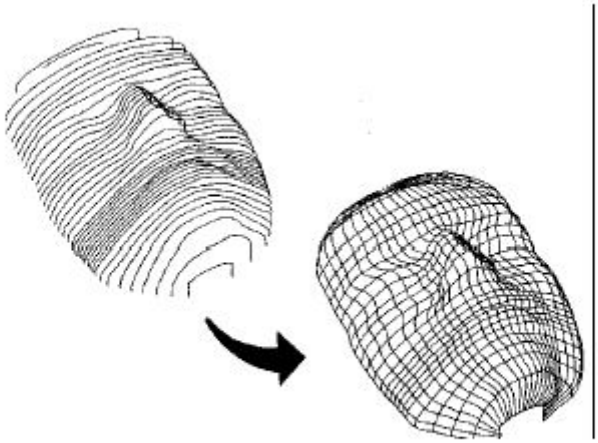
ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Surface : Create > Surface

Loft

คำสั่งสร้าง surface จาก chain หรือ curve อย่างน้อย 2 เส้นหรือมากกว่านั้น ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณการผสมผสานให้เกิดความราบเรียบ (smooth) ของ surface ข้อแตกต่างระหว่าง Loft กับ Ruled จะแตกต่างกันที่รูปร่างของ surface ที่ได้โดยให้สังเกตจาก ดังรูปที่ 3.44 และ 3.45



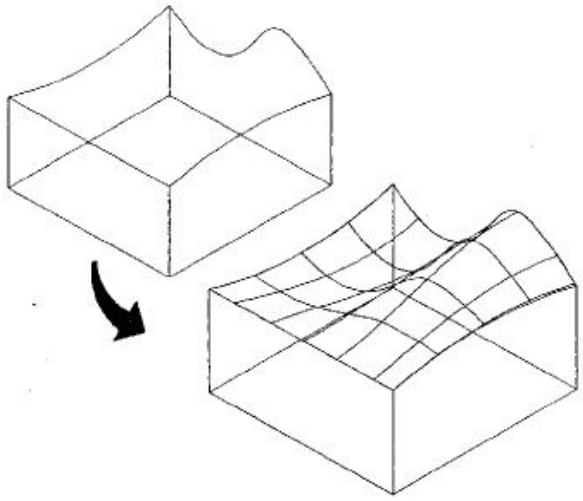
รูปที่ 3.44



รูปที่ 3.45

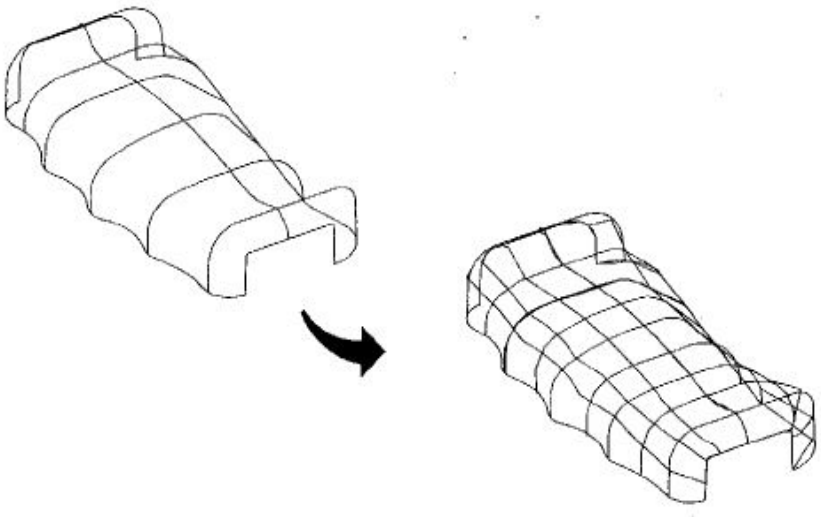
Coons

คำสั่งสร้าง surface โดยใช้เส้น curve 4 เส้นเป็นขอบเขตในการสร้าง surface ดังรูป 3.46 และ 3.47



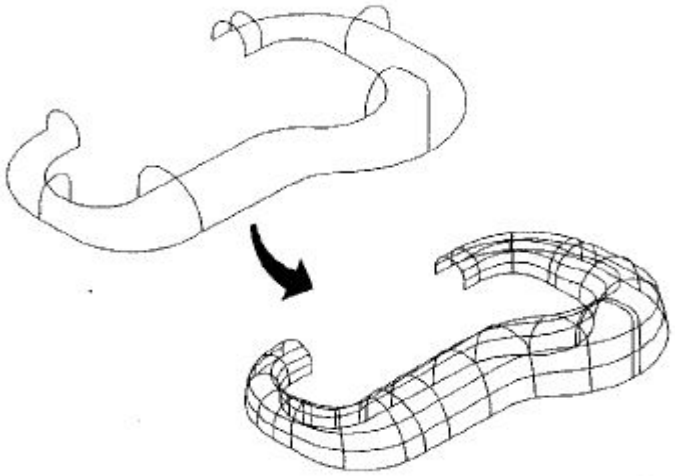
Single Patch Coons

รูปที่ 3.46



Multiple Patch Coons

รูปที่ 3.47

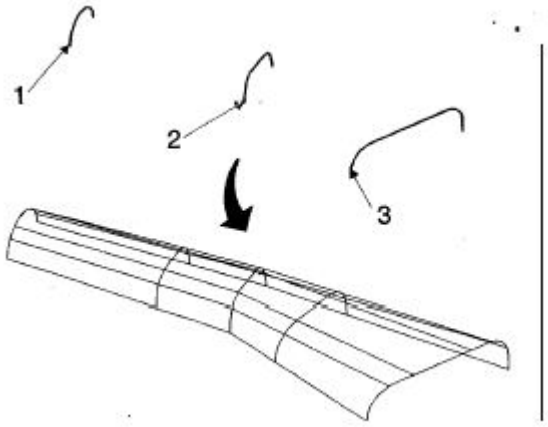


Multiple Patch Coons

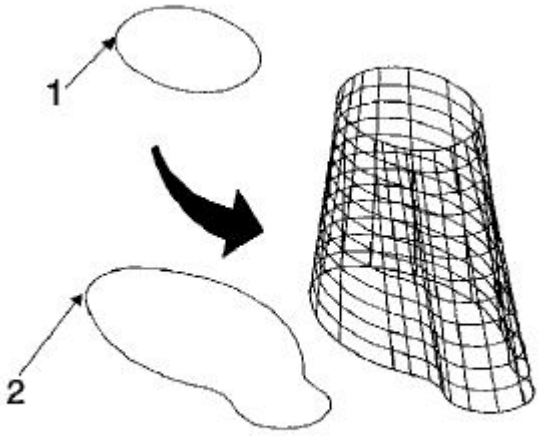
รูปที่ 3.48

Ruled

คำสั่งสร้าง surfaceจาก chain หรือ curve อย่างน้อย 2 เส้นหรือมากกว่านั้น ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณการผสมผสาน surface ดังรูป 3.49 และ 3.50



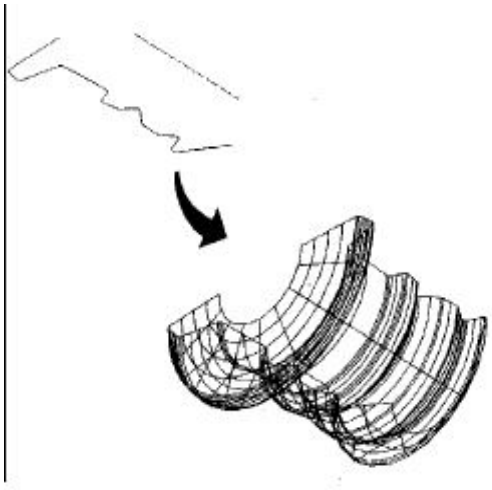
รูปที่ 3.49



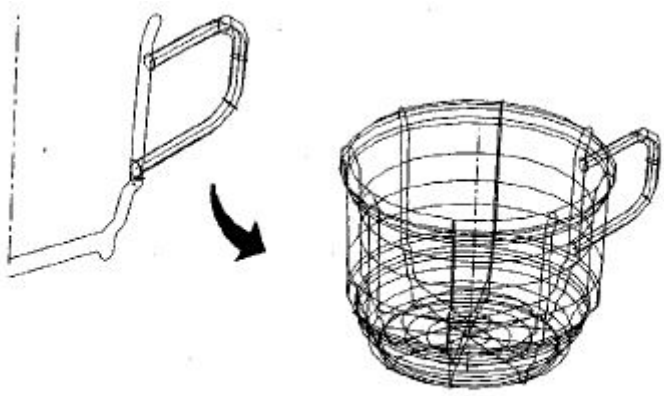
รูปที่ 3.50

Revolved

คำสั่งสร้าง surfaceโดยใช้ chain หรือ contour หมุนรอบแกน ดังรูป 3.51 และ 3.52



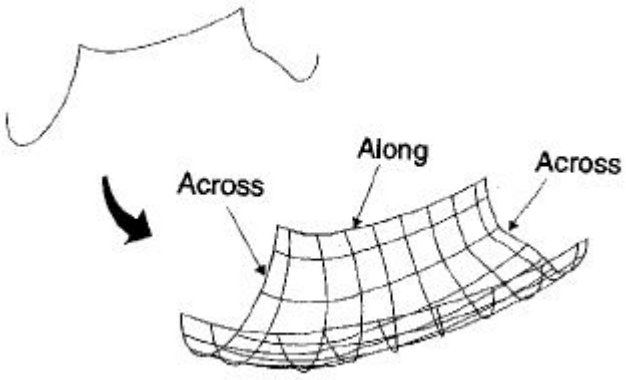
รูปที่ 3.51



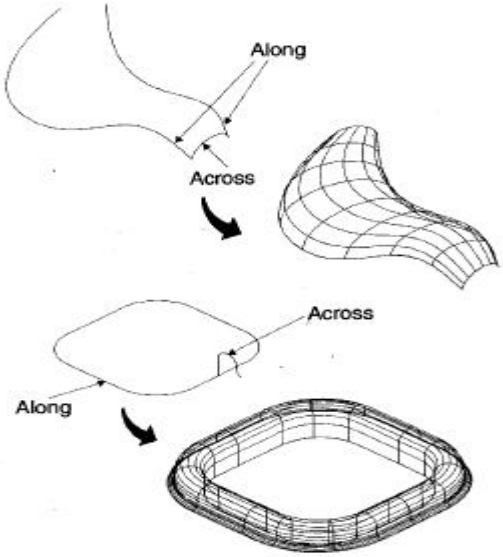
รูปที่ 3.52

Sweep

คำสั่งสร้าง surfaceโดยให้ chain กวาดจาก chain หนึ่งไปยังอีก chain หนึ่งหรืออีกหลาย ๆ chain chain เหล่านี้เรียกว่า " across contours "โดยการกวาด จะกวาดไปตามรางที่เรียกว่า "along contuors" ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวน across curve และ along curve ได้อย่างน้อยอย่างละหนึ่งเส้น ดังรูป 3.53 และ 3.54



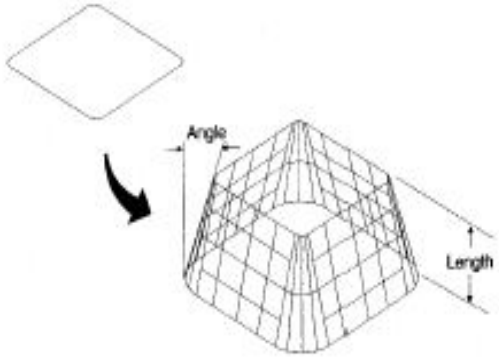
รูปที่ 3.53



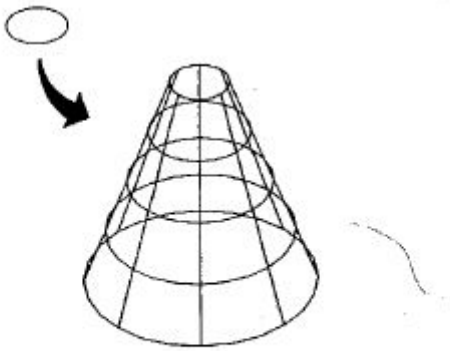
รูปที่ 3.54

Draft

คำสั่งสร้างsurfaceโดยใช้ chain หรือ contour ยึดเป็น surface คล้ายท่อ โดยต้องกำหนดความยาวของ sueface และยังสามารถกำหนดมุม surface ให้เอียงเป็นมุมเอียงได้อีก ดังรูป 3.55 และ 3.56



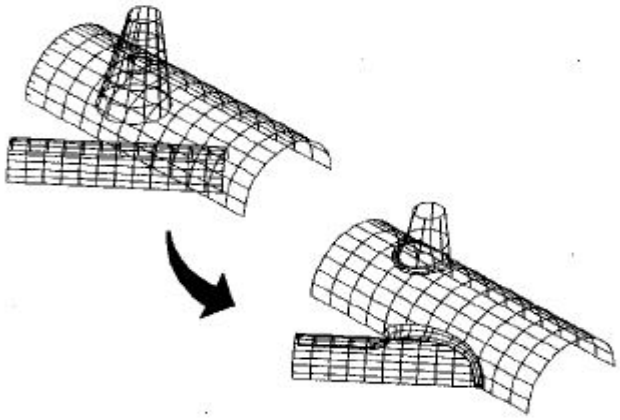
รูปที่ 3.55



รูปที่ 3.56

Fillet

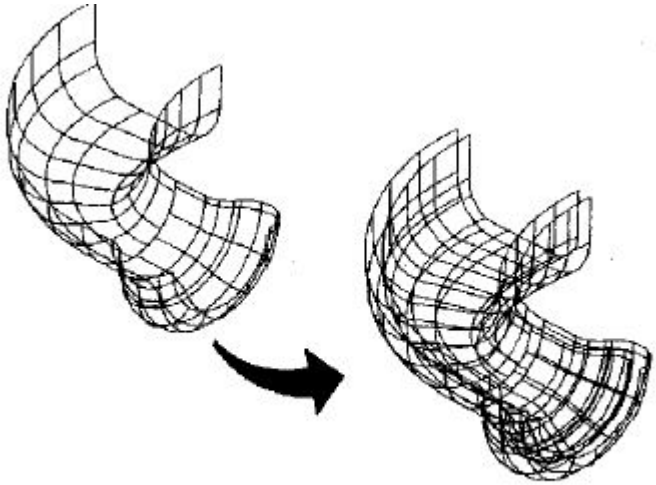
คำสั่ง Fillet ให้กับ surface การใช้ Fillet surface สามารถสร้างได้ทั้งพื้นราบ (plane) กับ surface , ระหว่าง curve กับ surface , หรือระหว่าง surface กับ surface ก็ได้ ดังรูป 3.57



รูปที่ 3.57

Offset

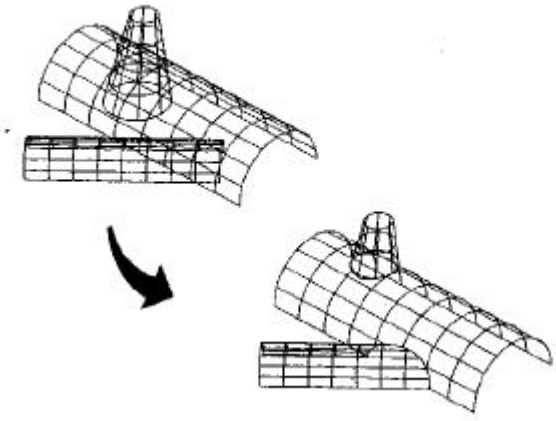
เป็นคำสั่ง offset surfaceจาก surface เริ่มต้น ตามระยะ offset ที่ต้องการ ดังรูป 3.58



รูปที่ 3.58

Trim / extend

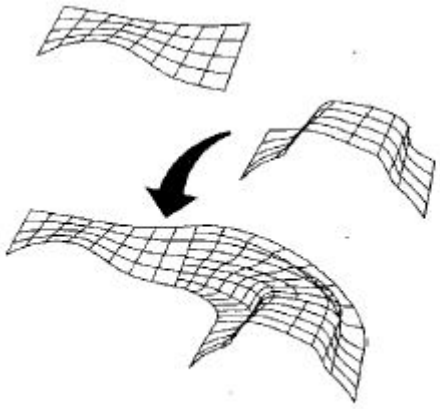
คำสั่งตกแต่ง surface โดยการขลิบ (Trim) หรือยืดขยาย (extend) ดังรูป 3.59



รูปที่ 3.59

2 surf blnd

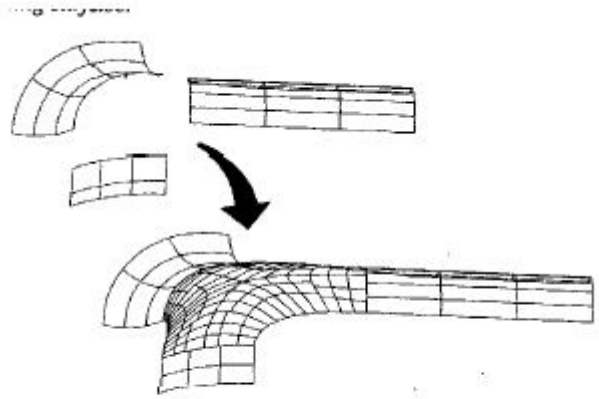
คำสั่งสร้าง surface ระหว่าง 2 surfaceที่แยกออกจากกันให้มารวมกัน ดังรูป 3.60



รูปที่ 3.60

3 surf blnd

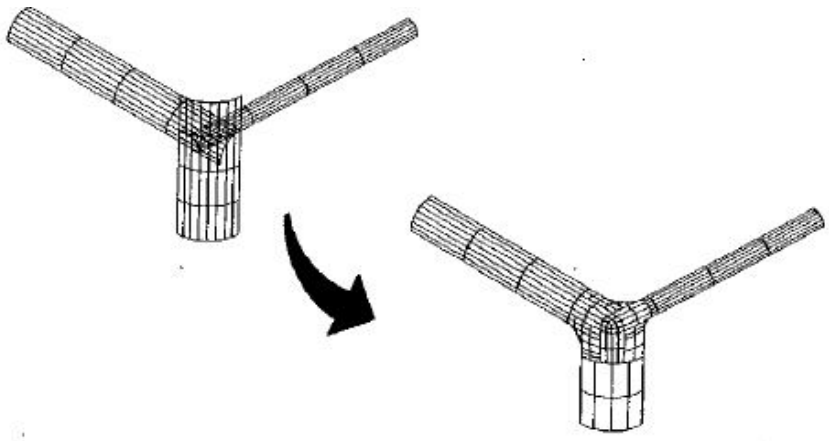
คำสั่งสร้าง surface ระหว่าง 3 surfaceที่แยกออกจากกันให้มารวมกัน ดังรูป 3.61



รูปที่ 3.61

fillet blnd

คำสั่ง fillet ให้กับ surface 3 surface ที่มาตัดกัน ดังรูป 3.62



รูปที่ 3.62

3.7 Rectangle and the Rectangle Submenu

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Rectangle: Create > Rectangle

ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Rectangleจะมีอยู่ 3 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆดังนี้

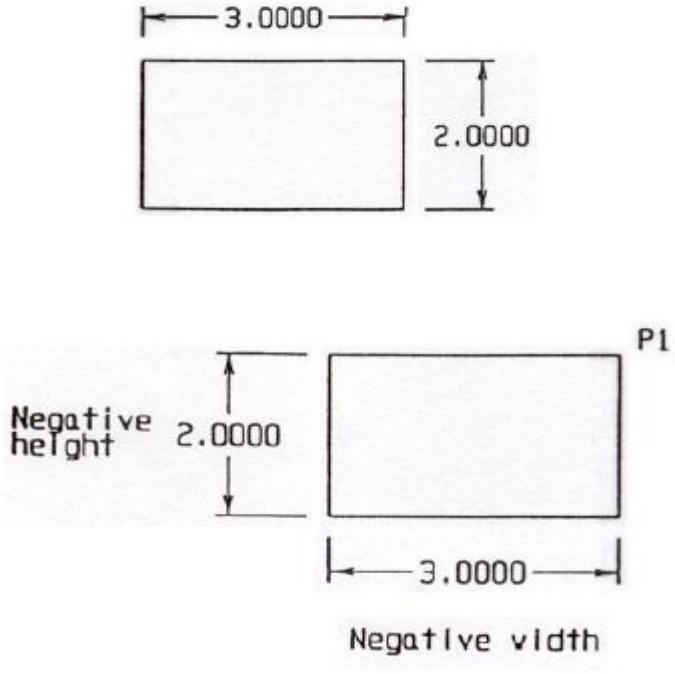
Create > Rectangle > 1 points

การสร้างรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้เพียง 1 จุด เป็นมุมของรูปสี่เหลี่ยม โดยอ้างอิงจากความกว้างและความยาวที่กำหนดเอง

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ mouse คลิกเลือกมุมล่างซ้าย ซึ่งจะเป็นมุมของรูปสี่เหลี่ยม โดยที่ให้เป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าความกว้าง แล้วกด Enter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าความสูง แล้วกด Enter

Tips- ความกว้างและความสูงสามารถเป็นค่าลบได้ ถ้าทั้ง 2 ค่านั้นเป็นค่าลบแล้ว จุดที่เลือกในตอนแรกจะกลับมาเป็นมุมบนขวาของรูปสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.63

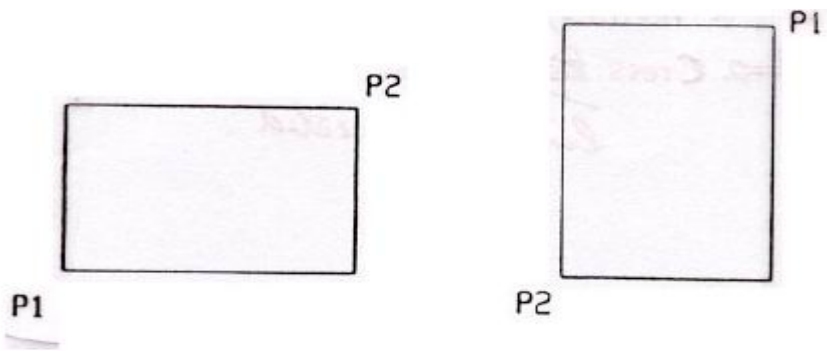
Create > Rectangle > 2 points

การสร้างรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ 2 จุด กำหนดมุมของรูปสี่เหลี่ยม

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. ใช้ mouse คลิกเลือกมุมล่างซ้าย โดยที่ให้เป็นP1
2. ใช้ mouse คลิกเลือกมุมบนขวา โดยที่ให้เป็นP2

Tips- ขั้นตอนในการเลือกมุมนั้นไม่สำคัญมาก ในตัวอย่างสามารถเลือกมุมบนขวาก่อน หรือมุมล่างซ้ายก่อนก็ได้



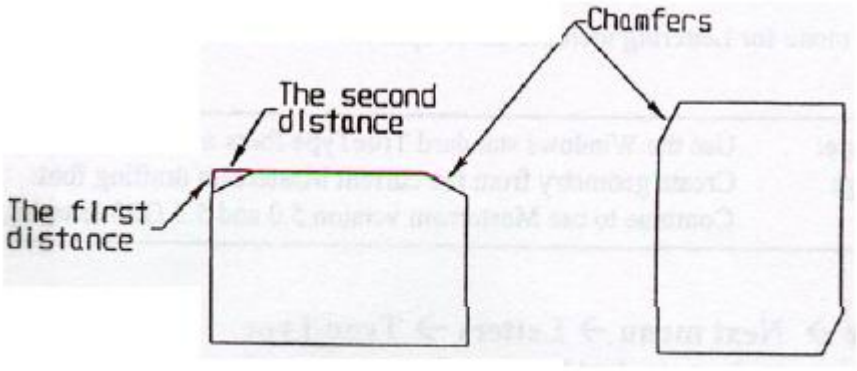
รูปที่ 3.64

3.8 Chamfer and the Chamfer Submenu

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Chamfer : Create > Next menu > Chamfer

เป็นคำสั่งการลบมุม Chamfer ระหว่างเส้นตรง 2 เส้นที่ไม่ขนานกัน โดยที่กำหนดระยะทางทั้ง 2 ซึ่งคำสั่งนี้จะอยู่ภายในคำสั่ง Chamfer จนถึงการเปลี่ยนขนาดระยะทางที่ลบมุม

โดยทั่วไปแล้วระยะทางทั้ง 2 สามารถเปลี่ยนได้ โดยที่ระยะทางแรกจะถูกกำหนดให้เป็น P1 และระยะทางที่2 จะถูกกำหนดให้เป็น P2



รูปที่ 3.65

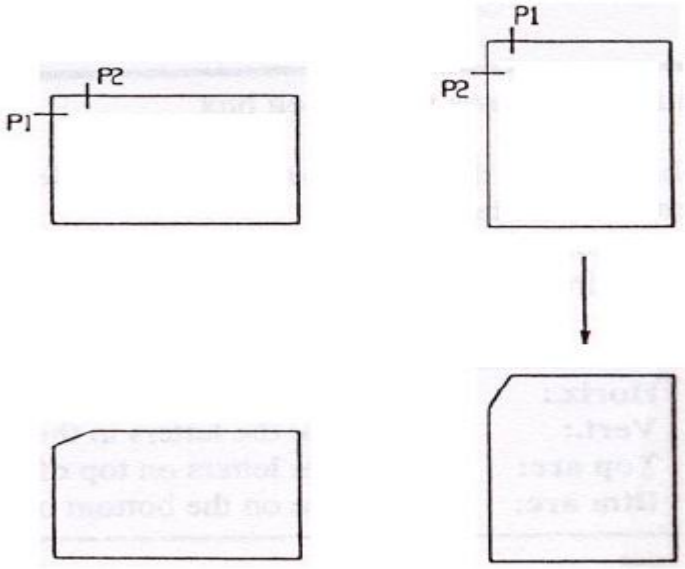
Tips- 1. คำสั่ง Chamfer นั้นจะมีลักษณะคำสั่งเหมือนกับคำสั่ง fillet

2. ในการเปลี่ยนระยะทางนั้น โดยการกดปุ่ม D บน keyboard หรือคลิกไปที่เส้นที่ 1 และเส้นที่ 2 ที่จะลบมุมแล้วใส่ค่าที่ต้องการลงไป

Note- ระบบจะเตรียมพร้อมสำหรับข้อมูลหรือค่าต่าง ๆที่จะใส่ลงไปในบริเวณ Prompt Area

วิธีปฏิบัติ

1. สร้างรูปสี่เหลี่ยม
2. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นแรก ที่จะทำการลบมุม โดยที่ให้เป็น P1
3. ใช้ mouse คลิกเลือกเส้นที่2 ที่จะทำการลบมุม โดยที่ให้เป็น P2



รูปที่ 3.66

3.9 Letters and the Letter Submenu

ใน Mastercam จะมีอยู่ 2 วิธี ที่จะใช้ในการสร้างแบบตัวหนังสือ

- วิธีที่1 คือเข้าไปในคำสั่ง Letters ซึ่งในวิธีนี้สามารถนำแบบตัวหนังสือจาก Windowsมาใช้ในการสร้างตัวหนังสือ
- วิธีที่2 คือใช้คำสั่ง Note ในคำสั่งหลัก Drafting

วิธีที่1 ใช้คำสั่ง Letters

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Letters : Create > Next > Letters

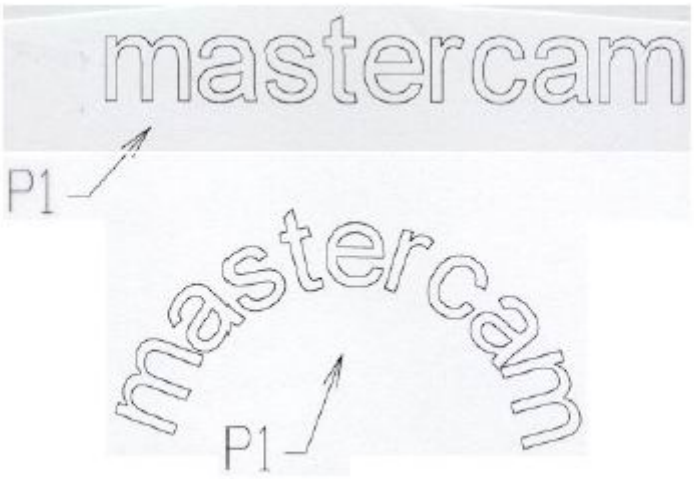
ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Letters จะมีอยู่ 3 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆดังนี้

Create > Next > Letters > True Type

การสร้างแบบตัวหนังสือที่มาจากตัวหนังสือแบบมาตรฐาน โดยการย้อยกลับไปดูข้อมูลใน Windows ซึ่งจะแนะนำเกี่ยวกับรูปแบบของตัวหนังสือ

วิธีปฏิบัติ

หลังจากที่เลือกคำสั่งนั้นแล้ว Mastercam จะแสดง dialog box ตัวหนังสือมาตรฐานใน Windows



รูปที่ 3.67

1. เลือกแบบตัวหนังสือ , รูปร่างของตัวหนังสือและขนาดของตัวหนังสือแล้วกด OK
2. หน้าจอจะขึ้นให้พิมพ์ตัวหนังสือ แล้วพิมพ์คำว่า Mastercam
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าความสูงของตัวหนังสือ แล้วกดEnter
4. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า ระยะห่างระหว่างตัวหนังสือ แล้วกด Enter

การเลือกทิศทางของตัวหนังสือ

โดยจะมีอยู่ 4 คำสั่ง ดังนี้

For horizontal and vertical letters :

ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดเริ่มต้นของตัวหนังสือ

For top and botton arc letters :

1. ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง โดยที่ให้เป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมีของส่วนโค้ง แล้วกด Enter

Create > Next menu > Letters > Drafting

การสร้างแบบตัวหนังสือโดยใช้แบบตัวหนังสือที่ลอกมาจาก Mastercamในปัจจุบัน

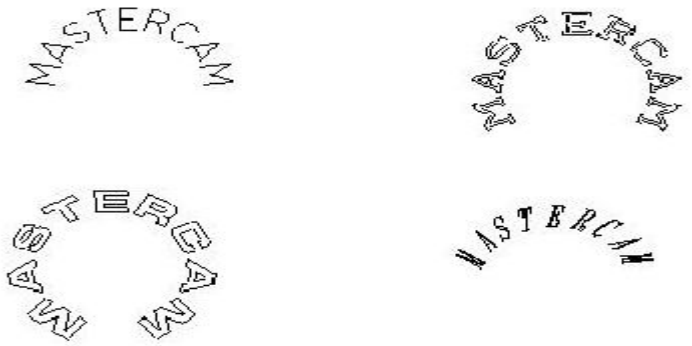
<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. หน้าจอจะขึ้นให้พิมพ์ตัวหนังสือ พิมพ์ว่า Mastercam
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่าความสูงของตัวหนังสือ แล้วกด Enter
3. ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดเริ่มต้นของตัวหนังสือ

รูปที่ 3.68

Create > Next menu > Letters > File

การสร้างตัวหนังสือโดยใช้แบบตัวหนังสือจาก Mastercam v8 หรือเข้าไปเลือกแบบตัวหนังสือใน C:\MCAM8\COMMON\FONTS\ ซึ่งจะมีคำสั่งเลือกตัวหนังสืออยู่ 5 คำสั่งดังนี้



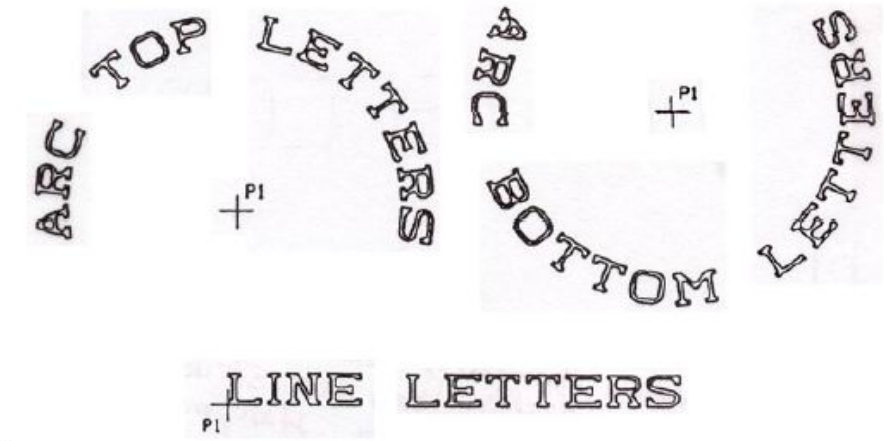
รูปที่ 3.69

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. เข้าไปในคำสั่งตามแบบตัวหนังสือที่ต้องการ
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า ความสูงของตัวหนังสือ แล้วกด Enter
3. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่า ระยะห่างระหว่างตัวหนังสือ แล้วกด Enter
4. หน้าจอจะถามว่า ต้องการตัวหนังสือแบบส่วนโค้งไหม (Y/N)
   ถ้าเลือก YES ตัวหนังสือก็จะเป็นส่วนโค้ง
   ถ้าเลือก NO ตัวหนังสือก็จะเป็นเส้นตรง

For arc letters

1. ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง โดยที่ให้เป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้ใส่ค่ารัศมี แล้วกด Enter
3. เลือกแบบตัวหนังสือ จะเลือกแบบ Top หรือ Bottom
4. หน้าจอจะขึ้นให้พิมพ์ตัวหนังสือ พิมพ์คำว่า ARC LETTERS



รูปที่ 3.70

For line letters

1. ใช้ mouse คลิกกำหนดจุดเริ่มต้นของตัวหนังสือ โดยที่ให้เป็น P1
2. หน้าจอจะขึ้นให้พิมพ์ตัวหนังสือ พิมพ์คำว่าLine LETTERS

<u>วิธีที่2</u> ใช้คำสั่ง Note และ Modify

ในวิธีนี้สามารถสร้างตัวหนังสือให้เป็นแถวโดยใช้คำสั่ง Note ในคำสั่ง Drafting

<u>วิธีปฏิบัติ</u>

1. สร้างตัวหนังสือให้เป็นแถวโดยใช้คำสั่ง Note ในคำสั่ง Drafting
2. หน้าจอจะมี dialog box ปรากฏขึ้นดังรูป 4.96 ให้เลือกคุณสมบัติของตัวหนังสือตามต้องการโดยที่เข้าไปตรง Properties
3. ใช้ mouse คลิกเลือกจุดเริ่มต้นของตัวหนังสือตามต้องการ
4. กดปุ่ม Esc หรือ BACKUP เพื่อออกจากคำสั่ง

3.10 Ellipse and Ellipse Submenu

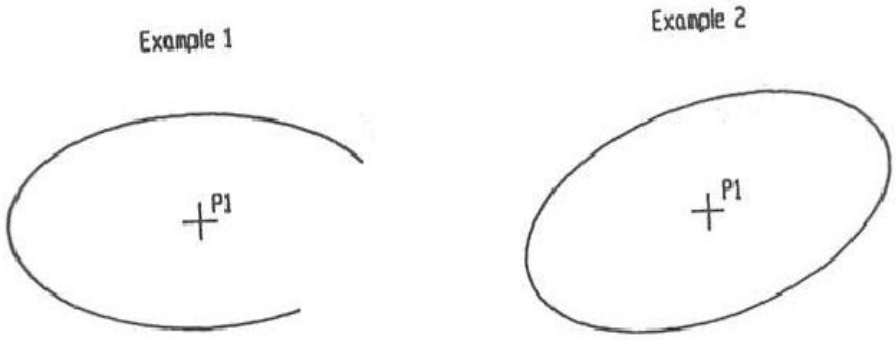
ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Ellipse: Create > Next menu > Ellipse

ซึ่งในคำสั่งย่อยของ Ellipse จะมีอยู่ 6 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆ ดังนี้

Mastercamจะแสดงรูปวงรีหลังจากที่กำหนดจุดศูนย์กลางแล้ว

Tips- 1. Mastercamจะแสดงข้อมูลต่าง ๆเกี่ยวกับวงรีในบริเวณ Prompt Area

2. มุมต่าง ๆทั้งหมดจะวัดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 3.71

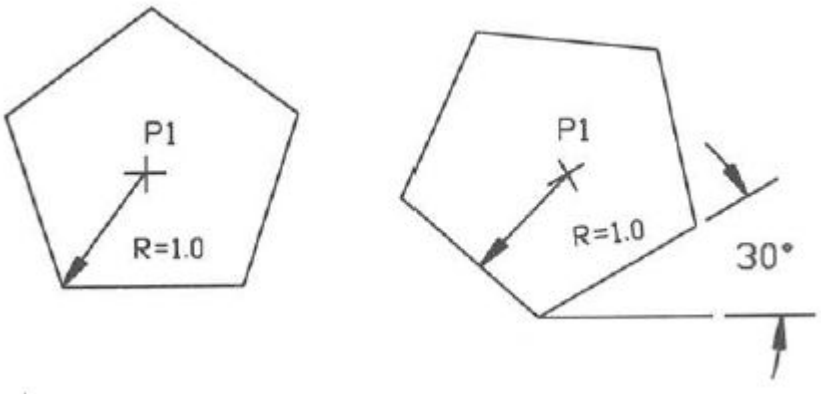
3.11 Polygon and Polygon Submenu

ขั้นตอนการเข้าสู่คำสั่ง Polygon: Create > Next > Polygon

ซึ่งคำสั่งย่อยของ Polygon จะมีอยู่ 6 คำสั่ง ซึ่งจะสรุปเกี่ยวกับคำสั่งต่าง ๆดังนี้

Tips- 1. Mastercamจะแสดงข้อมูลต่าง ๆเกี่ยวกับ Polygonบริเวณ Prompt Area

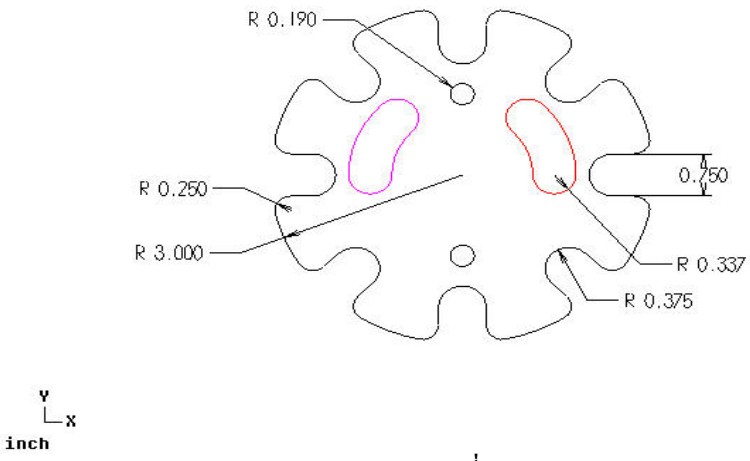
2. มุมเริ่มต้นจะวัดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 3.72

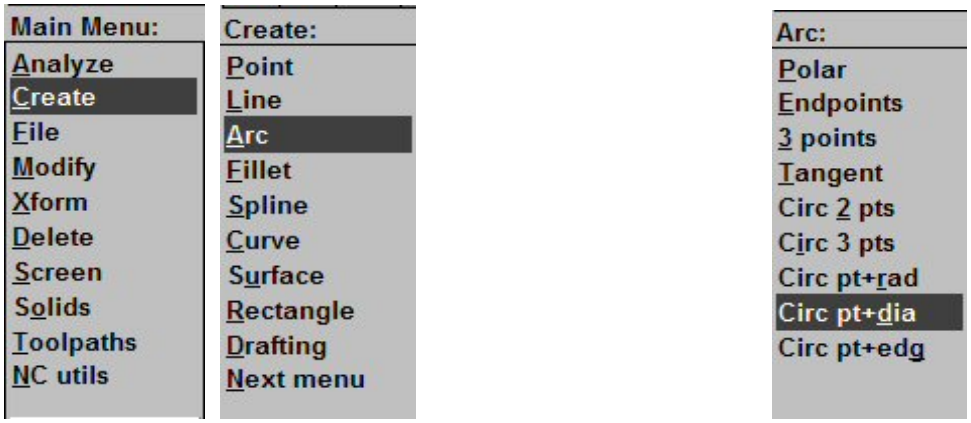
3.12 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Create และ Modify

การสร้างชิ้นงานตามรูป



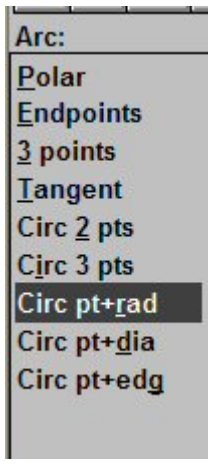
รูปที่ 3.73

1. สร้าง Circle



รูปที่ 3.74

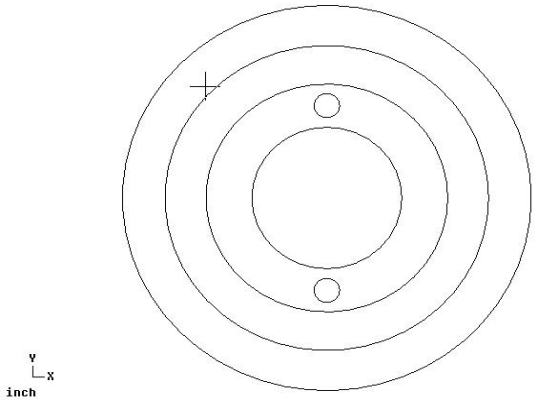
- เลือก **Main Menu > Create > Arc > Circ pt+dia**
- พิมพ์ 6.0 กด Enter
- พิมพ์ 0,0 เพื่อให้เป็นจุดศูนย์กลาง แล้ว Enter
- คลิก ที่ tool bar เพื่อทำการขยายเต็มจอ
- จากนั้น ทำวงกลม Dia 4.75” ทำเช่นเดียวกับวงกลม Dia 6”



รูปที่ 3.75

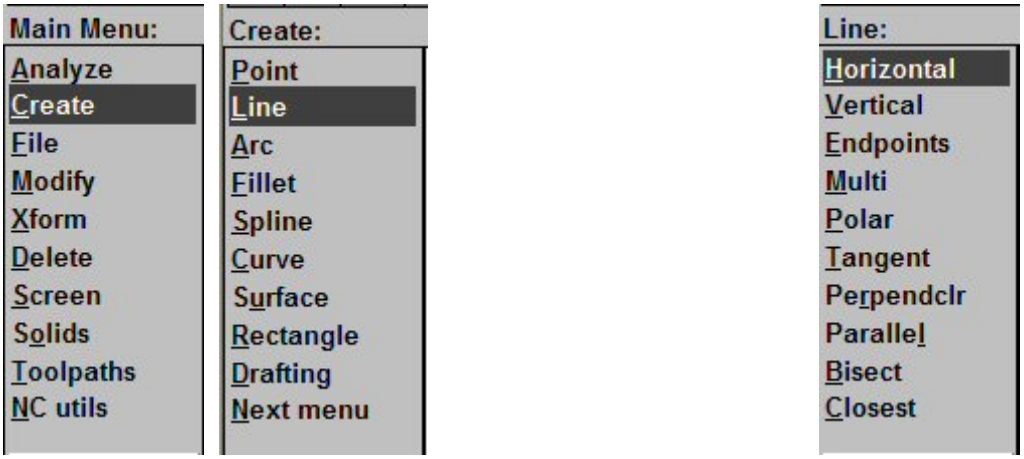
- เลือก **Main Menu > Create > Arc > Circ pt+rad**
- พิมพ์ค่ารัศมีเท่ากับ 1.775”
- คลิกที่จุดศูนย์กลางร่วมกลมวงกลมทั้งสอง
- จากนั้นทำวงกลมรัศมี 1.101”
- เลือก **Main Menu > Create > Arc > Circ pt+dia** ขึ้นมาอีกครั้ง
- พิมพ์ 0.38 กด Enter
- พิมพ์ค่าพิกัดเท่ากับ 0,1.483 และค่า 0,-1.483

จะได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.76

2. สร้าง Horizontal Lines โดยการ Offset

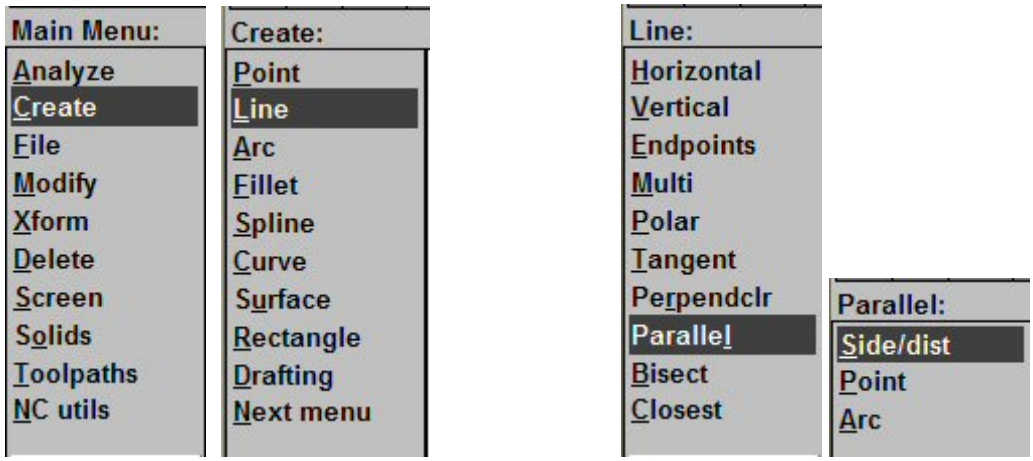


รูปที่ 3.77

- เลือก Create > Line > Horizontal
- คลิกพิกัดที่จุดศูนย์กลางวงกลม
- ลากเส้นตรงออกมานอกวงกลม คลิก 1 ครั้ง โดยให้พิกัด y=0

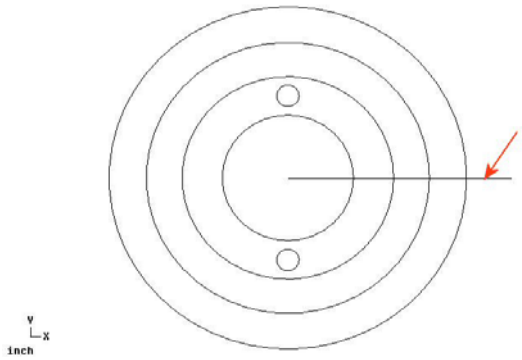
รูปที่ 3.76

- กด Enter
- เลือก **Create > Line > Parallel**



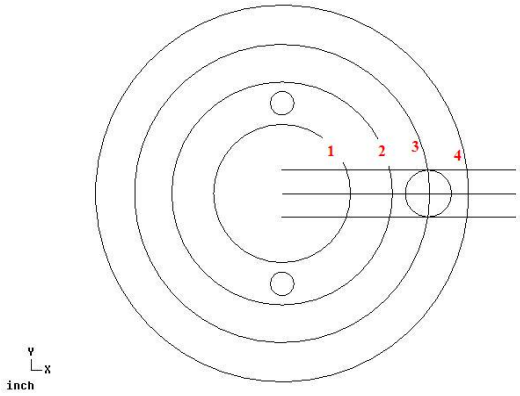
รูปที่ 3.78

- เลือกเส้นในแนวนอน ดังรูป



รูปที่ 3.79

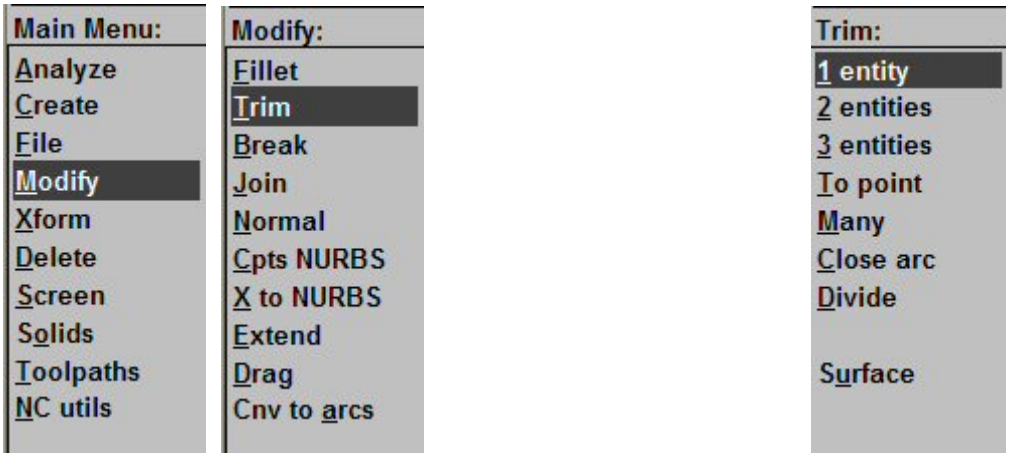
- เลือกทิศทางในการ offset (บนเส้น)พิมพ์ค่า ระยะห่างจากเส้นอ้างอิงเท่ากับ 0.375 “
- จากนั้น คลิกเส้นอ้างอิงอีกครั้ง เลือกทิศทางในการ offset (บนล่าง)พิมพ์ค่า ระยะห่างจากเส้นอ้างอิงเท่ากับ 0.375 “
- สร้างวงกลมอีกครั้ง โดย Dia = 0.75” โดยคลิกที่จุดตัดระหว่างเส้นตรงกับวงกลมวงที่ 3 ดังรูป
-



รูปที่ 3.80

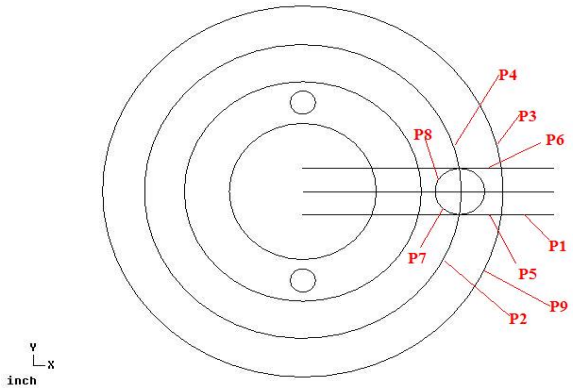
3. การ Trim 1 Entity

- ไปที่ Main Menu เลือก **Modify > Trim > 1 entity**



รูปที่ 3.81

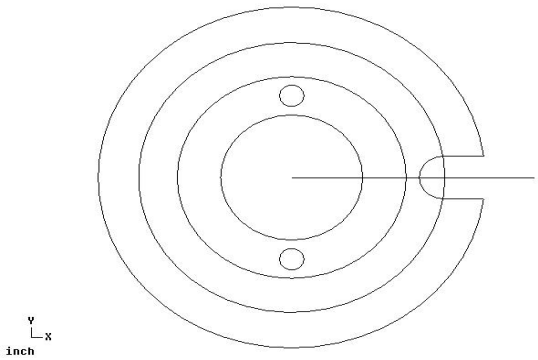
- คลิกที่เส้น P1 กับคลิกที่วงกลมที่จุด P2 จากนั้น คลิกที่เส้น P3 กับคลิกที่วงกลมที่จุด P4 ดังรูป
-



รูปที่ 3.82.

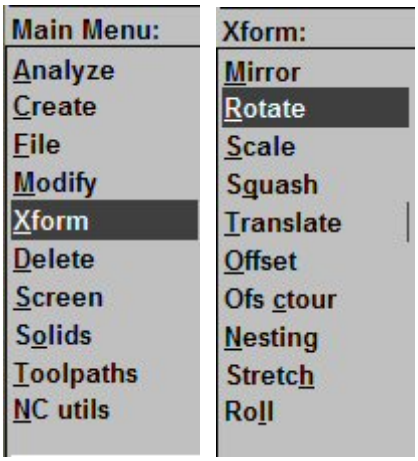
จากนั้นทำการ Trim ต่อ

- คลิกที่จุด P5 กับเส้นวงกลมที่จุด P9 และ คลิกที่จุด P6 กับเส้นวงกลมที่จุด P3 จากนั้นทำการ Trim ต่อ
- คลิกที่จุด P9 กับเส้นวงกลมที่จุด P5 และ คลิกที่จุด P3 กับเส้นวงกลมที่จุด P6 จากนั้นทำการ Trim ต่อ
- คลิกที่จุด P7 กับเส้นวงกลมที่จุด P5 และ คลิกที่จุด P8 กับเส้นวงกลมที่จุด P6 จะได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.83

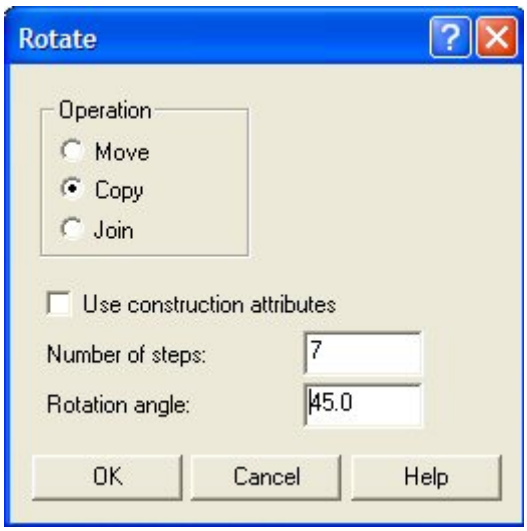
4. การใช้คำสั่ง Rotate



รูปที่ 3.84

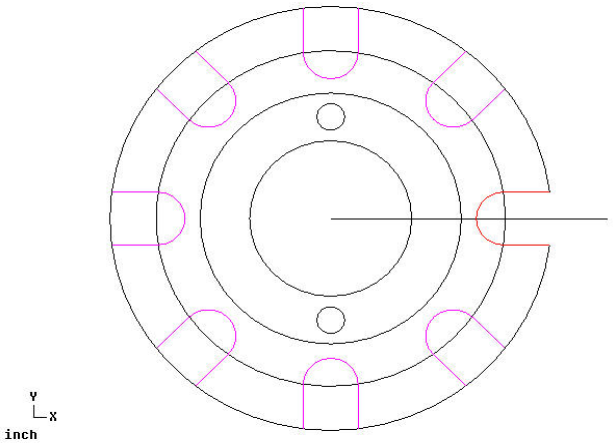
ไปที่ Main Menu เลือก **Xform > Rotate > Chain**

- คลิกเส้นที่เราต้องการ Rotate ต่อจากนั้นคลิก Done
- เลือก Point ที่จะให้เป็นจุดหมุน ในที่นี้เลือกจุดศูนย์กลางวงกลม จะมีกรอบขึ้นมาดังนี้



รูปที่ 3.85

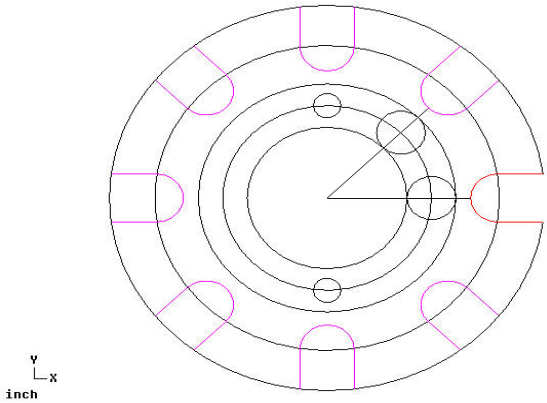
- เลือก Copy จากนั้นพิมพ์ค่า 7 ในช่อง Number of steps และเลือกมุม 45 (ได้จาก 360/7) จะได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.86

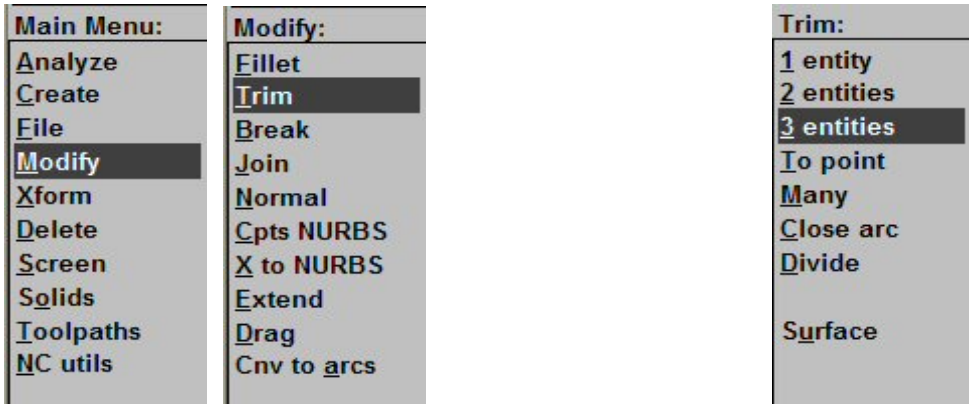
ขั้นตอนต่อไป

สร้างวงกลมรัศมี = 1.438” และลากเส้นตรงเอียง 45 องศา จากนั้นสร้างวงกลม diameter = 0.674” ที่เส้นตรงตัดกับวงกลมรัศมี = 1.438” จะได้ดังรูป



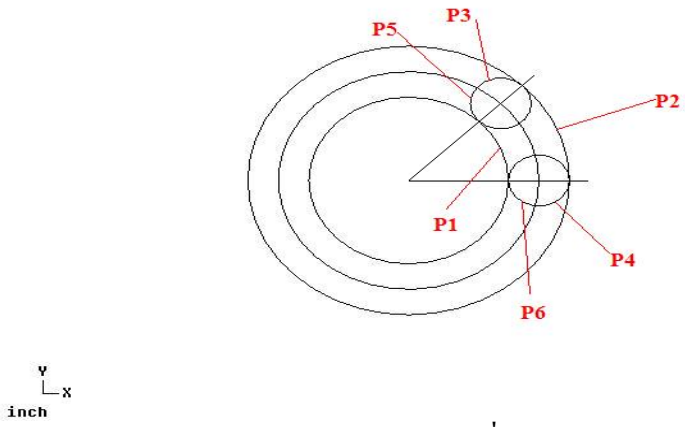
รูปที่ 3.87

5. การ Trim 3 Entity



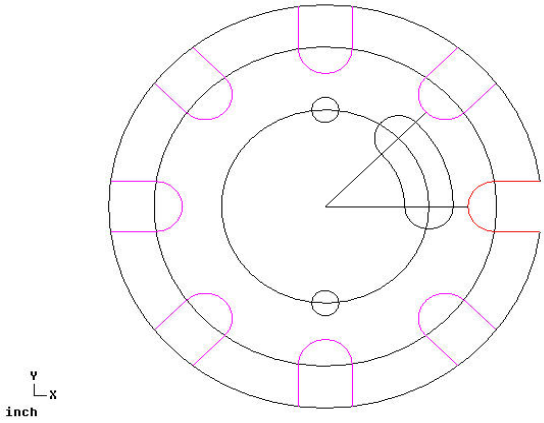
รูปที่ 3.88

ไปที่ Main Menu เลือก **Modify** > **Trim** > **3 entities** จากรูป



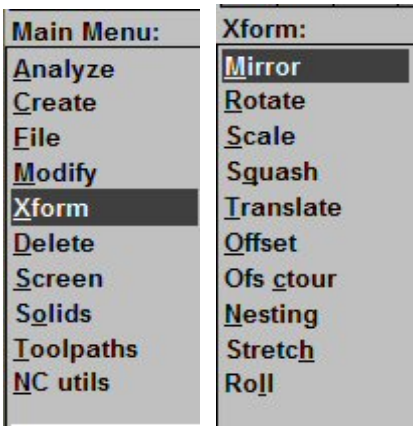
รูปที่ 3.89

- คลิก ที่จุด P1, P5 และ P3 จากนั้น คลิก ที่จุด P1, P6 และ P4 ส่วนที่ยังไม่ออกหรือออกไม่หมดให้ใช้ หรือ ไปที่ Main Menu เลือก **Modify > Trim > 1 entity**
จะได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.90

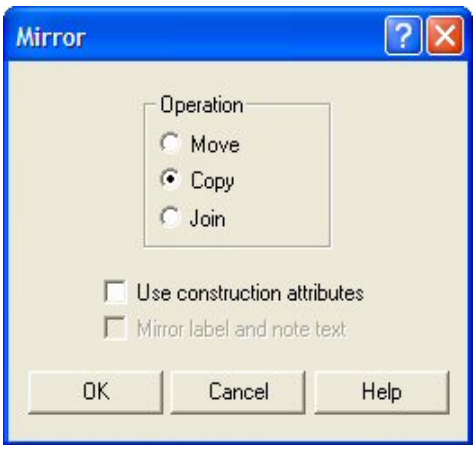
6. การ Mirror ร่อง Slot



รูปที่ 3.90

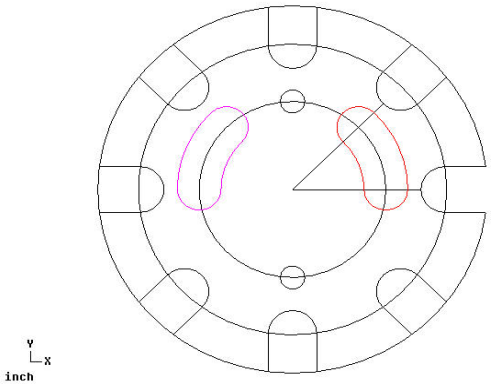
ไปที่ Main Menu เลือก **Xform > Mirror > Chain**

- คลิกเส้นที่เราต้องการ Miror ต่อจากนั้นคลิก Done
- เลือกแกน Y ให้เป็นจุดหมุน จะมีกรอบขึ้นมาดังนี้ เลือก Copy แล้วคลิก OK



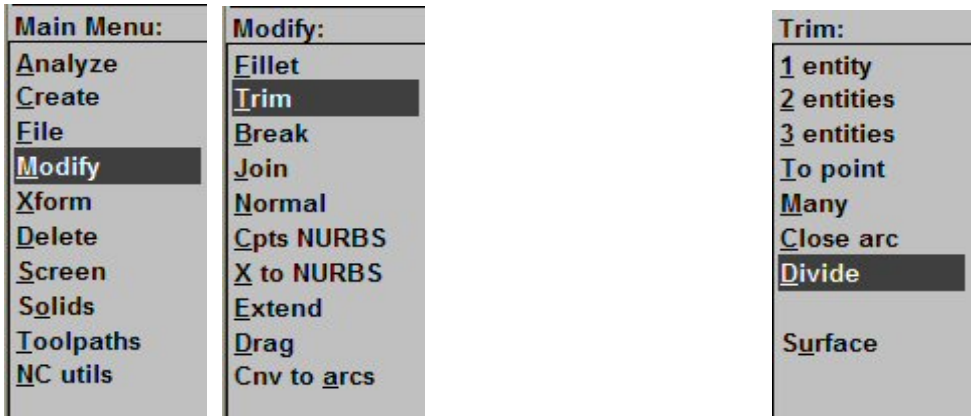
รูปที่ 3.92

จะได้รูปที่ได้จากการ Mirror ดังรูป



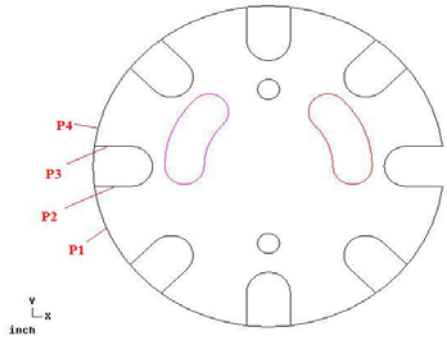
รูปที่ 3.93

7. การใช้คำสั่ง Divide



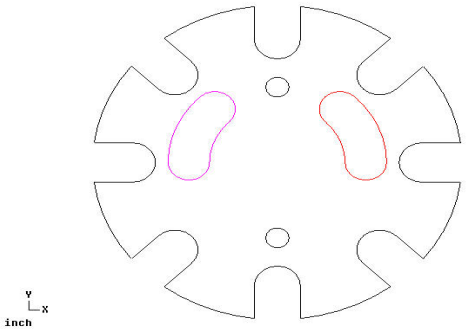
รูปที่ 3.94

ไปที่ Main Menu เลือก **Modify > Trim > Divide**



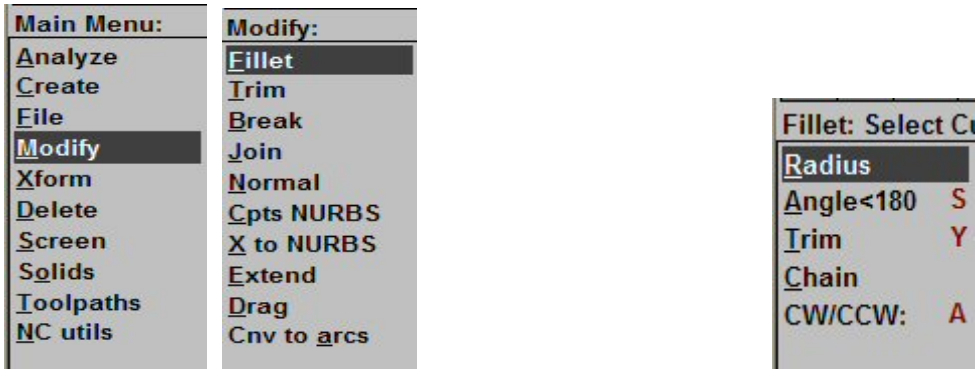
รูปที่ 3.95

- คลิกที่ P1,P2,P3 ให้ทำทั้งหมด ซึ่งจะได้ดังรูป



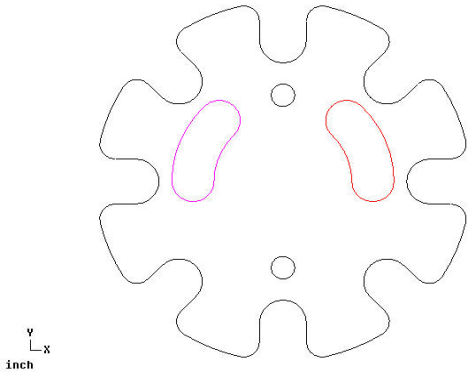
รูปที่ 3.96

8. การใช้คำสั่ง Fillet



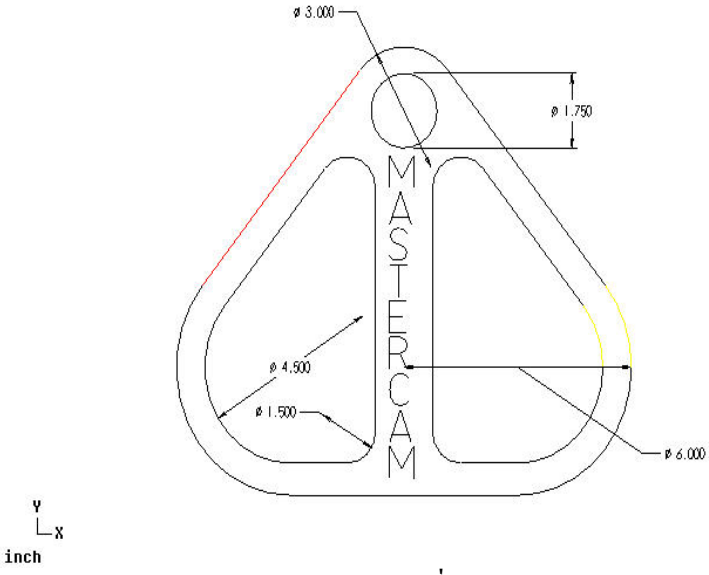
รูปที่ 3.97

- ไปที่ Main Menu เลือก **Modify** > **Fillet** > **Radius**
- พิมพ์ค่ารัศมีโค้ง ซึ่งเท่ากับ 0.25” จะได้ดังรูป



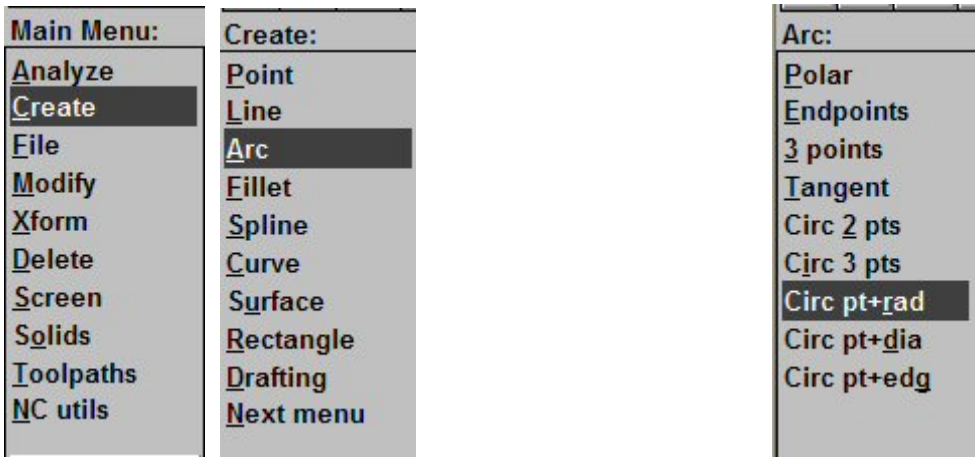
รูปที่ 3.98

การสร้างชิ้นงานตามรูป 3.99



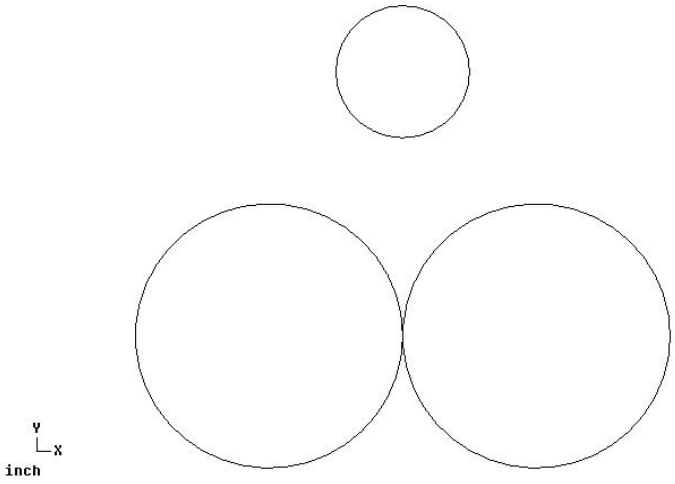
รูปที่ 3.99

1. สร้าง Circle



รูปที่ 3.100

- เลือก **Main Menu > Create > Arc > Circ pt+rad**
- ที่ Prompt area พิมพ์ค่ารัศมีเท่ากับ 3 กด Enter
- พิมพ์ -3,0 เพื่อให้เป็นจุดศูนย์กลาง แล้ว Enter
- คลิก ที่ tool bar เพื่อทำการขยายเต็มจอ
- จากนั้น ทำวงกลมรัศมี 3” ที่พิกัด 3,0
- และทำวงกลมรัศมี 1.5” ที่พิกัด 0,6



รูปที่ 3.101

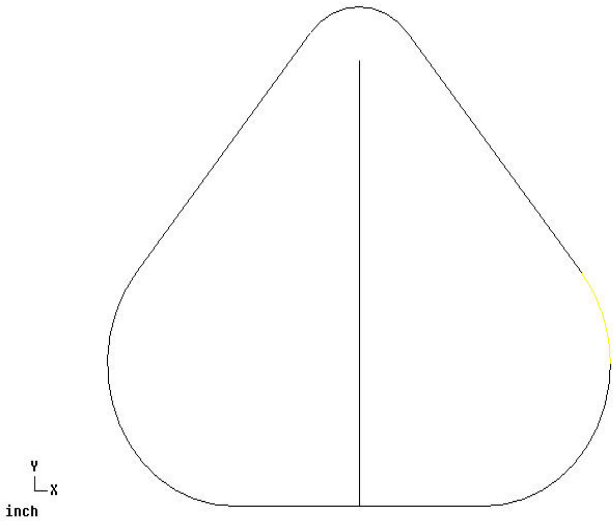
2. การสร้าง Tangent line

รูปที่ 3.102

- เลือก **Main Menu > Create > Line > Tangent > 2 arcs**
- คลิกที่วงกลมให้เชื่อมกัน

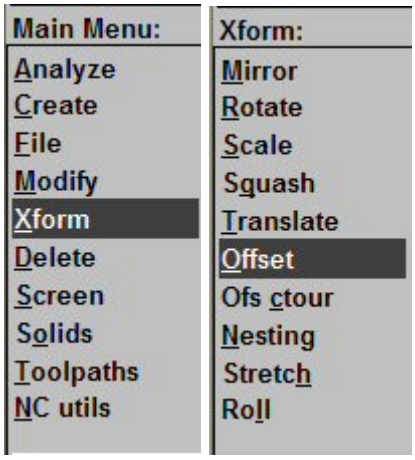
การ trim รูปวงกลม และการสร้างเส้น Vertical Line

ในการ trim รูปวงกลมใช้เลือก **Modify > Trim > 1 Entity** จากนั้นลากเส้นตรงแนวดิ่งจะได้ดังรูป



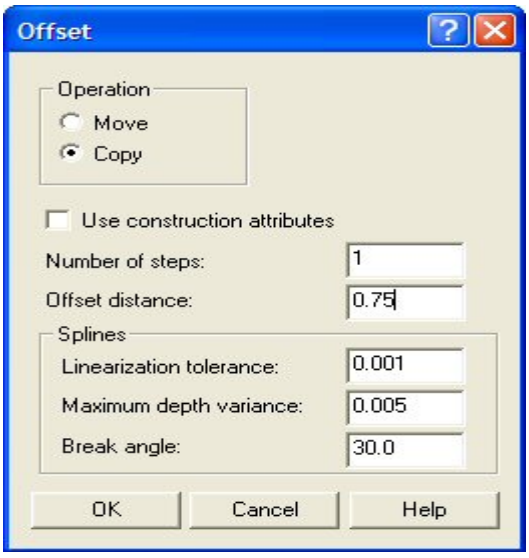
รูปที่ 3.103

3. การ offset



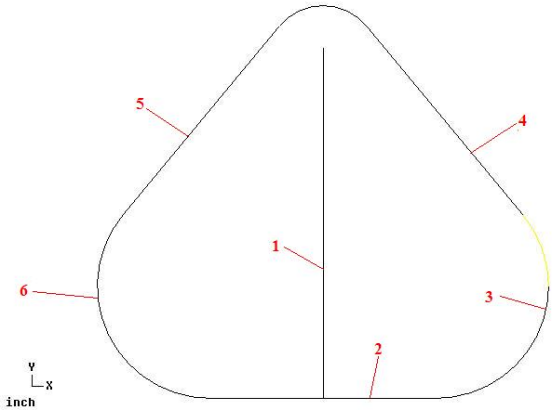
รูปที่ 3.104

ไปที่ Main Menu เลือก Xform > Offset จะปรากฏ กรอบข้างล่าง



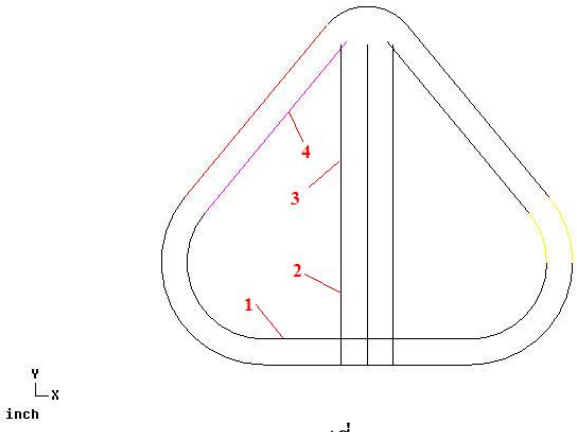
รูปที่ 3.105

- เลือก Copy
- Number of steps =1
- Offset distance =0.75 คลิก OK แล้วคลิกเส้นที่ 1 เลือกทิศซ้ายและขวาในการ offset ส่วนเส้น 2,3,4,5,6 เลือกด้านในกรอบรูป



รูปที่ 3.106

จะได้รูปดังรูป



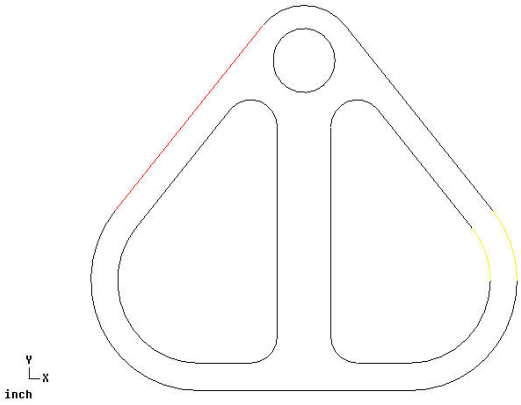
รูปที่ 3.107

การ Fillet

ไปที่ Main Menu เลือก **Create > Fillet หรือ Modify > Fillet** เลือก รัศมีเท่ากับ 0.75 โดคลิกที่จุด 1 กับ จุด 2 และ จุด 3 กับ จุด 4 โดยทำทั้ง 2 ด้าน

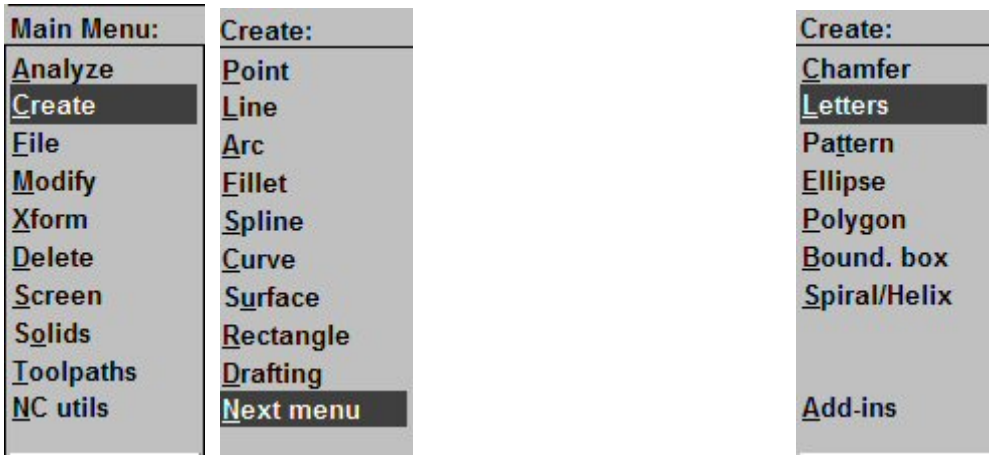
การสร้างวงกลมเล็กด้านบน

- เลือก **Main Menu > Create > Arc > Circ pt+dia**
- พิมพ์ค่า Dia = 1.75 และพิมพ์ค่าพิกัด 0,6 จะได้ดังรูป



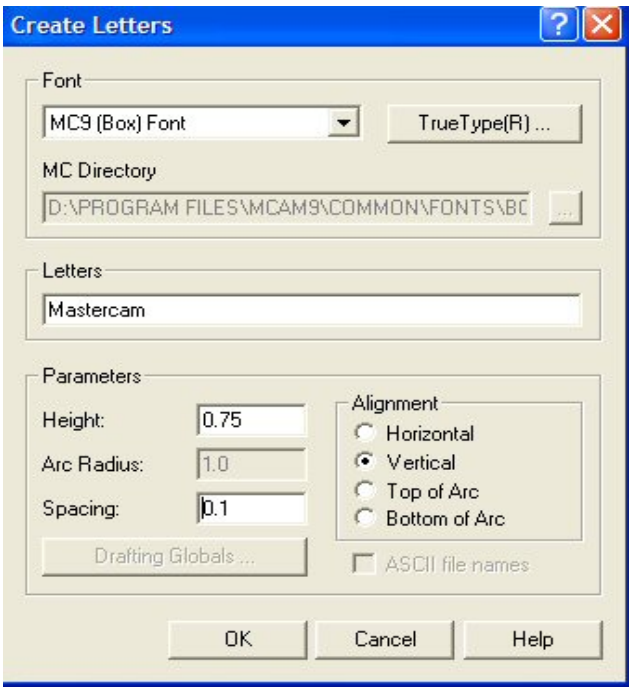
รูปที่ 3.108

3. การใช้คำสั่ง Letters



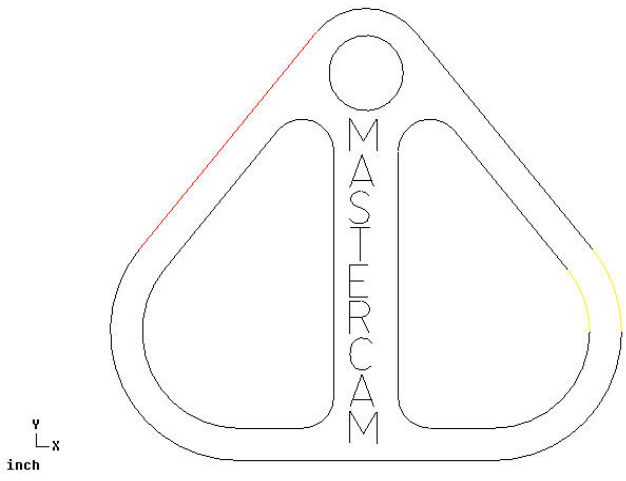
รูปที่ 3.109

- ไปที่ Main Menu เลือก Create > Next menu > Letters จะปรากฏ กรอบขึ้นมา



รูปที่ 3.110

- พิมพ์ข้อความในช่อง Letter จากนั้นกำหนดค่า Height =0.75 Spacing=0.15 แล้ว Alignment=Vertical คลิก Ok
- เลือกจุด Starting คือพิกัด -0.375,4.2 จะได้ดังรูป

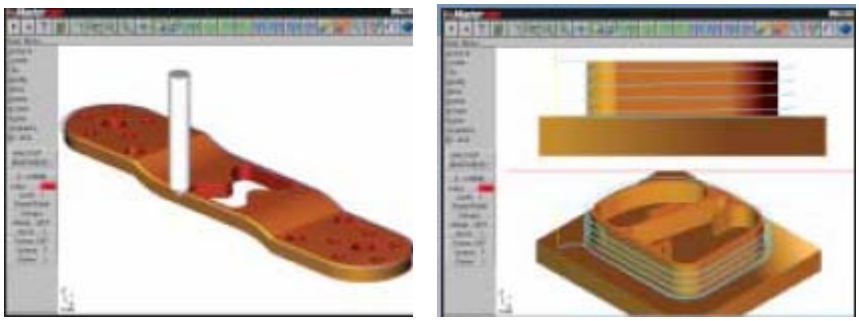


รูปที่ 3.111

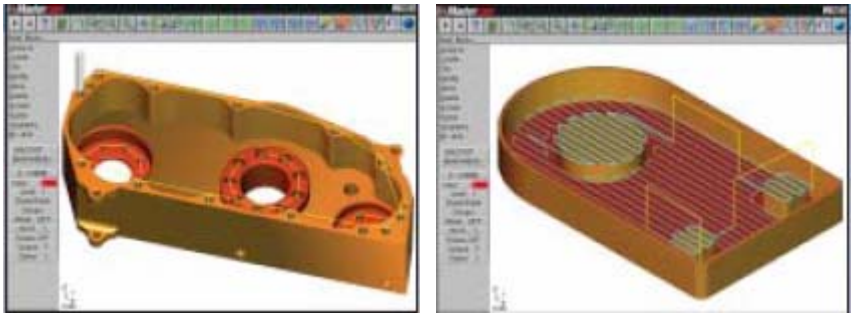
2.13 การสร้างเส้น Toolpaths 2 มิติ ในโปรแกรมมาสเตอร์แคม

คำสั่งสำหรับ toolpath

โปรแกรมมาสเตอร์แคมประกอบด้วยคำสั่งหลักๆ อยู่ 5 คำสั่ง คือ Contour, Drill, Pocket, facing, Surface ในบทนี้จะขอกล่าวถึง Contour, Drill, Pocket เท่านั้น

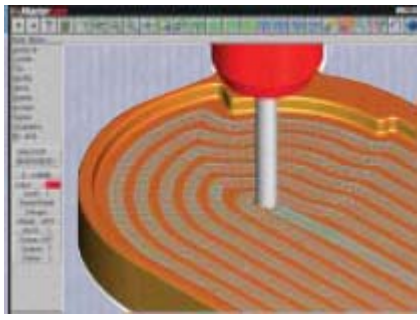


รูปที่ 3.112 Contour

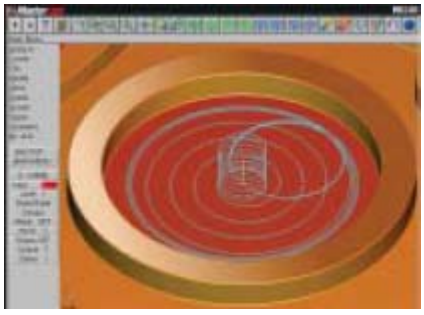


รูปที่ 3.113 Drilling

รูปที่ 3.114 Facing



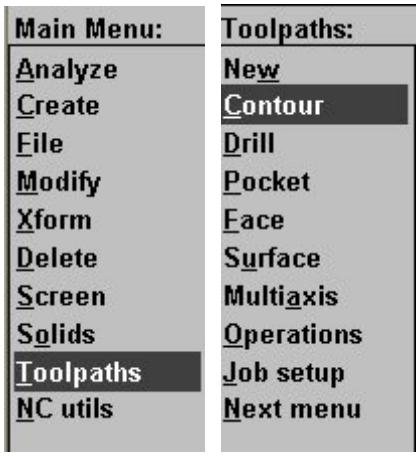
รูปที่ 3.115 Pocketing



รูปที่ 3.116 Circle Milling

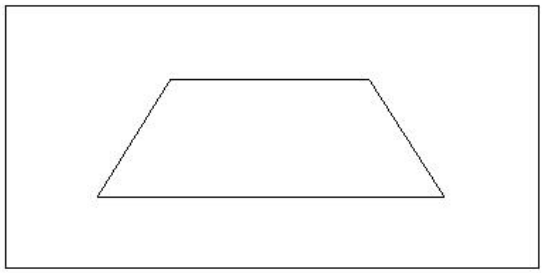
คำสั่ง Contour

เป็นคำสั่งในการกัดชิ้นงานโดยให้มีดกัดเดินตามเส้น Contour และตามความลึกที่กำหนด



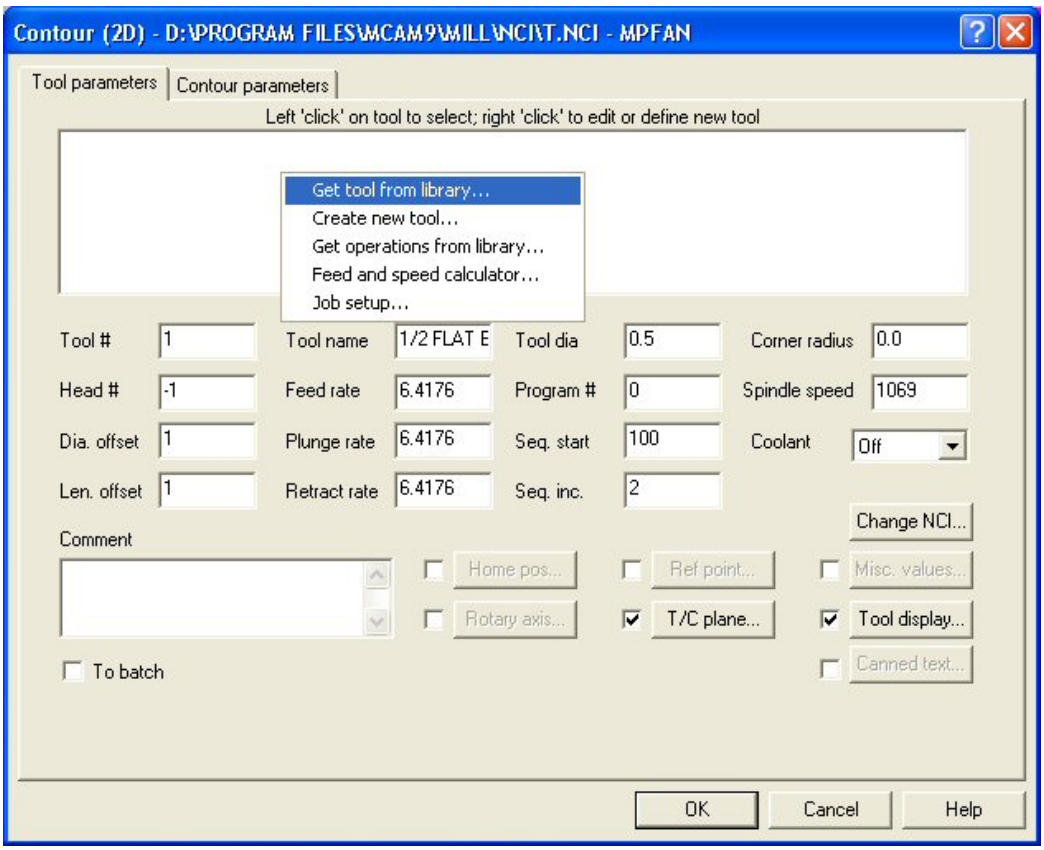
รูปที่ 3.117

- ไปที่ Main Menu เลือก Toolpath > Contour
- คลิกเส้นสี่เหลี่ยมด้านใน



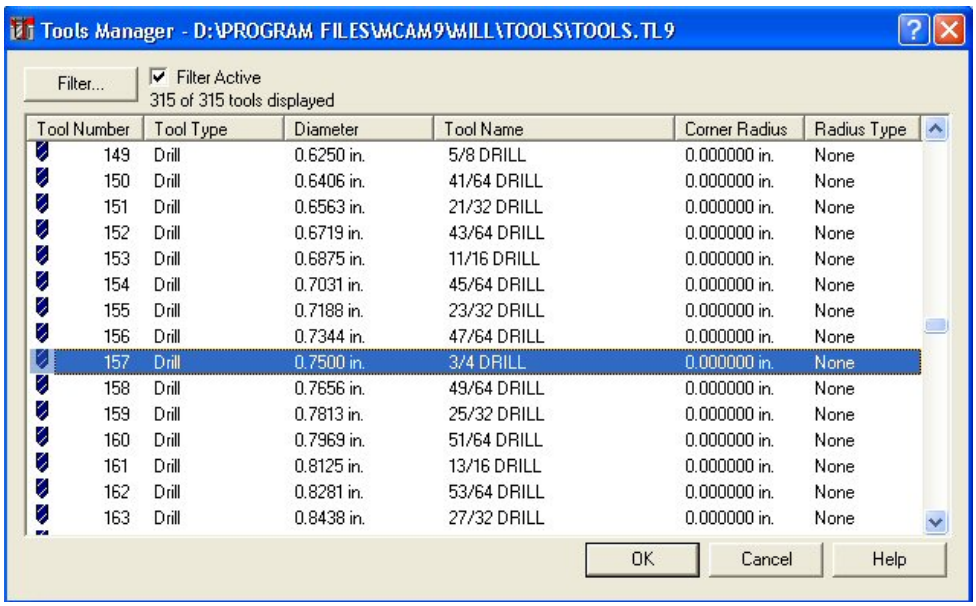
รูปที่ 3.118

- เลือกทิศทาง จากนั้น คลิก Done
- จะปรากฏ Dialogue Box ขึ้นมา

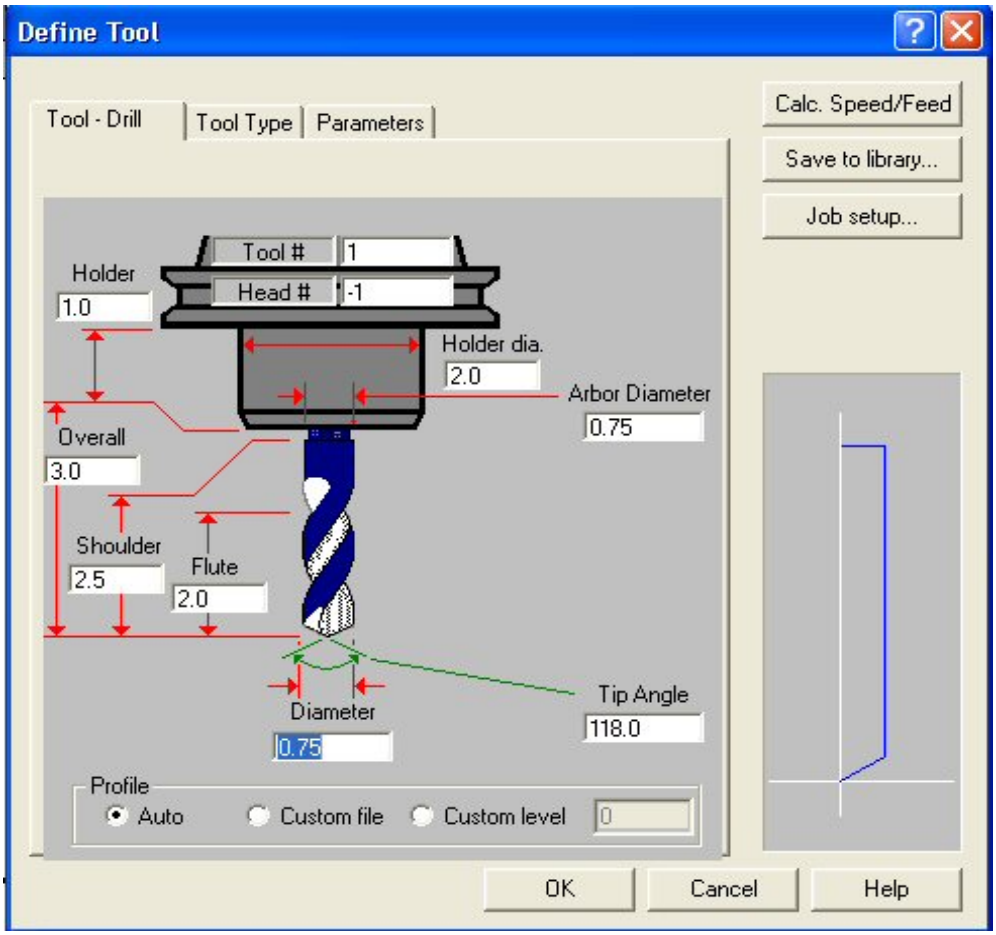


รูปที่ 3.119

- คลิกขวาเพื่อเลือก Get tools from library เพื่อทำการเลือก tool
- เลือก Tool ขนาด Dia = 0.75 endmill จากนั้นคลิก OK
  กรณีที่ต้องการที่จะแก้ไข tool คลิกขวาที่ไอคอนของ tool เพื่อทำการแก้ไข tool และ holder และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามรูป
- คลิก OK

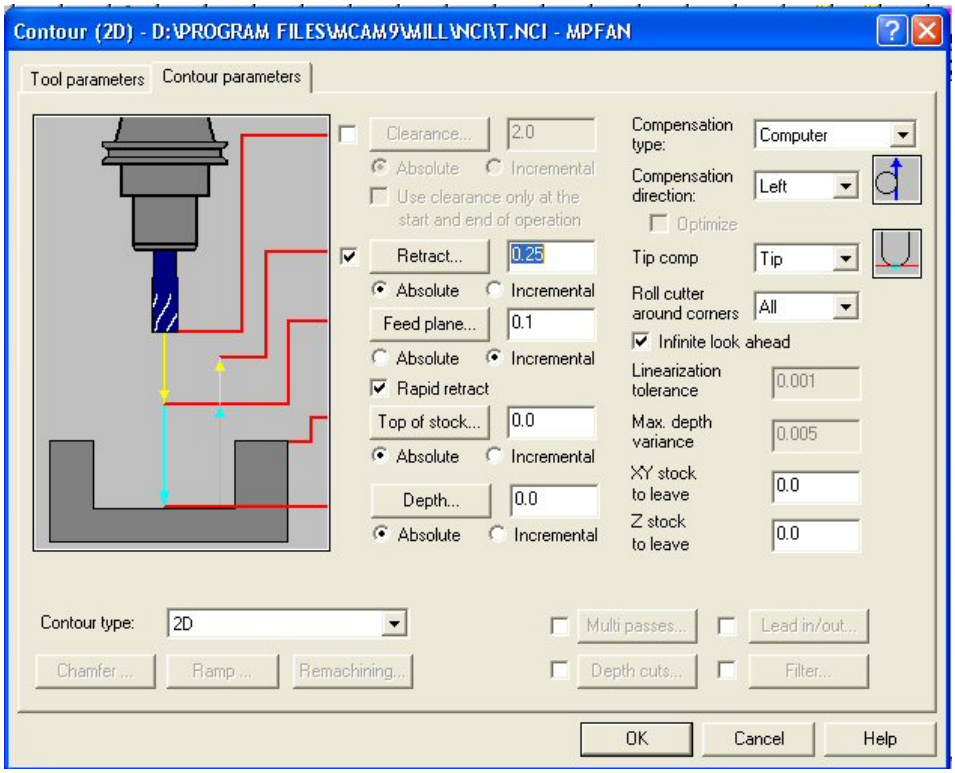


รูปที่ 3.120



รูปที่ 3.121

ค่าคุณสมบัติของ Contour



รูปที่ 3.122

Clearance การตั้งค่าระยะห่างระหว่าง tool กับชิ้นงาน

Retrace การตั้งค่าระยะยกของ tool

Feed plane การตั้งค่าระยะสำหนับสิ้นสุดการเคลื่อนที่เร็ว

Top of stock การตั้งค่าระดับของชิ้นงานที่ระดับปกตอ โดยตั้งไว้ที่ค่า Z=0

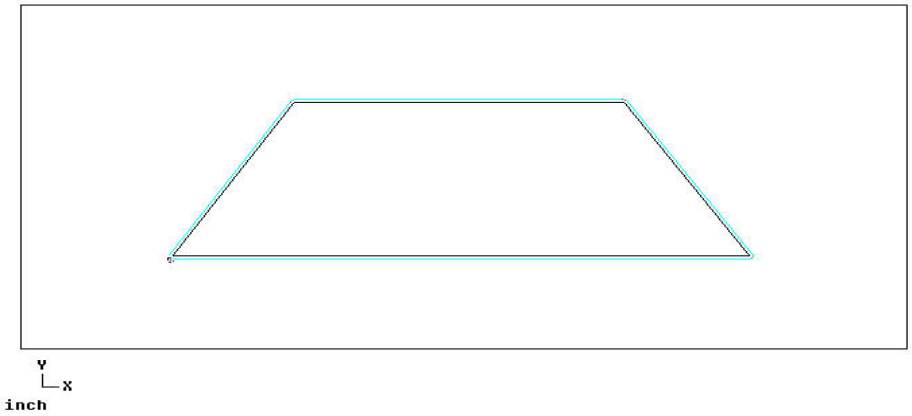
Depth การตั้งค่าระดับความลึกการกัดงานของ Tool

ตาราง 3.1 **Compensation**

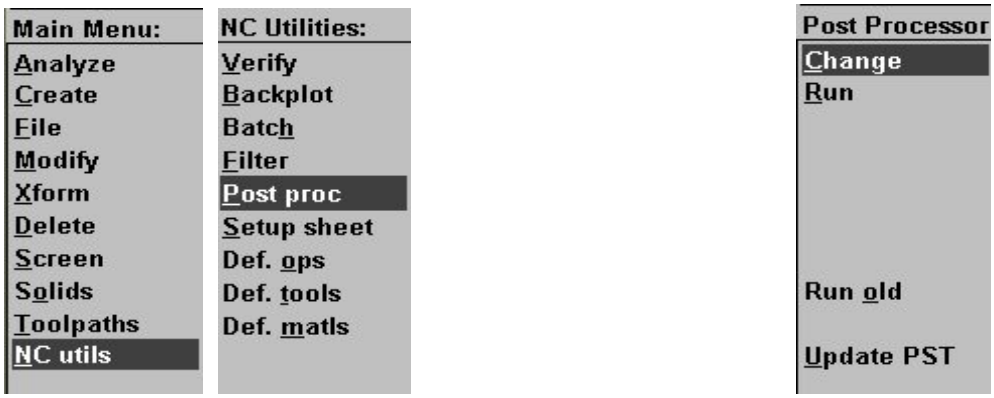
Compensation		**Machine Code Generated**	**ผลที่เกิดขึ้น**
Control	**Computer**		
Off	Off	None	ไม่ชดเชยรัศมีและไม่สามารถชดเชยรัศมีได้

Off	Right/Left	None	โปรแกรมจะทำการชดเชยรัศมีโดยซอฟแวร์แต่ไม่สามารถชดเชยรัศมีtoolจากเครื่องจักรได้
Right/Left	Off	G41/G42	ไม่สามารถทำการชดเชยรัศมีโดยซอฟแวร์แต่สามารถปรับแก้โดยการใช้ G41/G42
Right/Left	On	G41/G42	ทำการชดเชยรัศมีโดยซอฟแวร์และสามารถปรับแก้โดยการใช้ G41/G42

NC Utilities

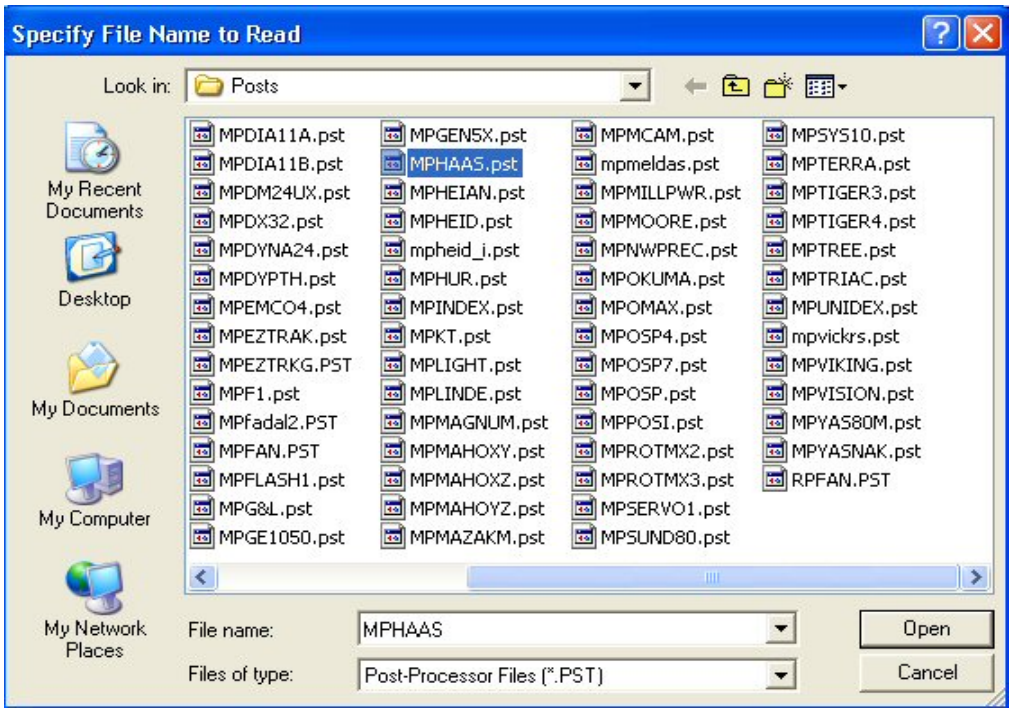


รูปที่ 3.123



รูปที่ 3.124

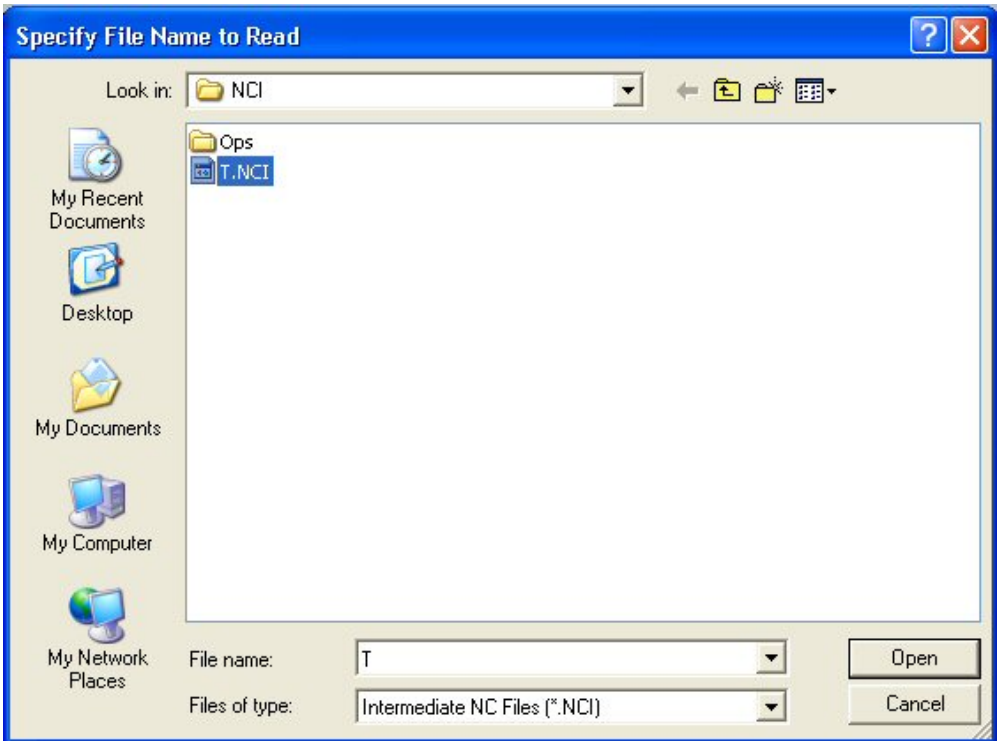
- การเลือก Post Processor ไปที่ Nc Utils > Post Proc > Change
- จะปรากฏกรอบ Specify file name to read



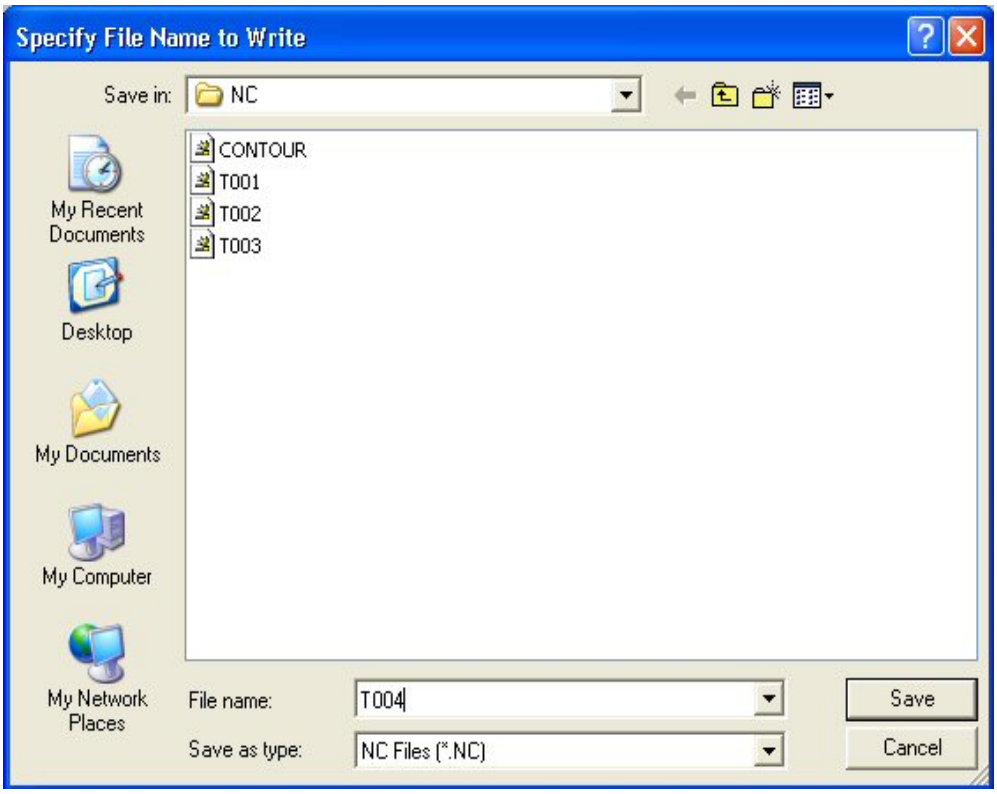
รูปที่ 3.125

- เลือก Post Processor ให้เหมาะสมกับเครื่องจักร
- คลิก Open

- เลือก Nc Utils > Post Proc > Run เมื่อต้องการแปลงเป็น NC Code
- คลิก ok ที่กรอบ Operation Manager
- โดยจะมีกรอบ Specify file name to read เลือก File NCI ที่เรา ทำไว้ คลิกOpen
- และจะมีกรอบ Specify file name to write พิมพ์ชื่อ file ที่ต้องการจะเซฟ



รูปที่ 3.126

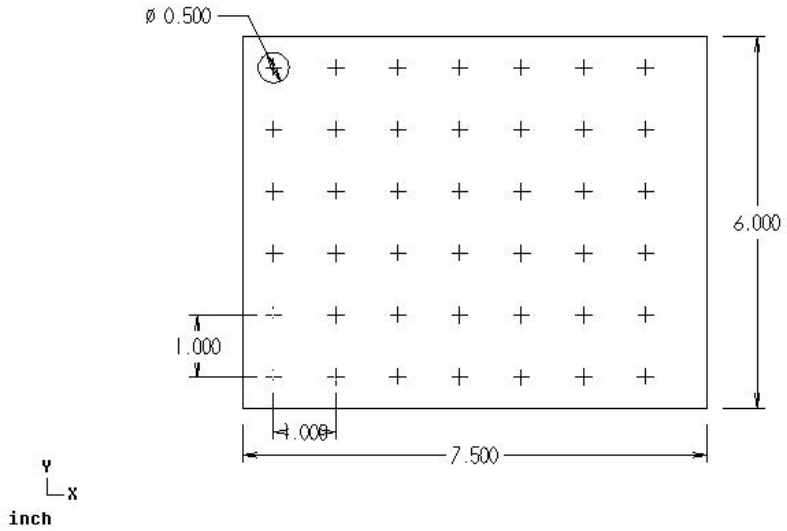


รูปที่ 3.127

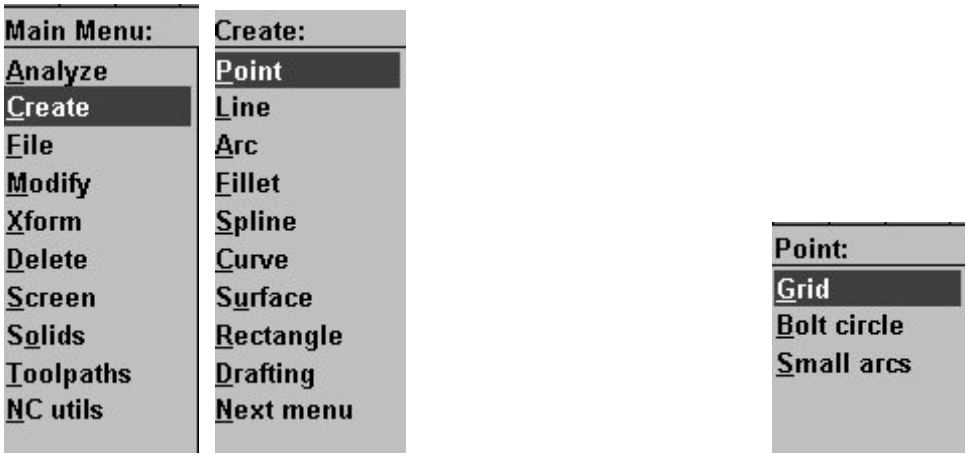
จะสามารถออก NC Code ได้ดังรูป

```
%
O0002
(PROGRAM NAME - T004 )
(DATE=DD-MM-YY - 01-09-03 TIME=HH:MM - 11:30 )
N100 G20
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
( 3/4 DRILL TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - .75 )
N104 T1 M6
N106 G0 G90 G54
X-33.3966 Y-5.2581 S2005 M3
N108 G43 H1 Z.25
N110 Z.1
N112 G1 Z0. F4.3
N114 X-19.7886 Y16.7239 F360.9
N116 G2 X-19.4698 Y16.9015 I.3188 J-.1974
N118 G1 X17.3763
N120 G2 X17.6924 Y16.7283 I0. J-.375
N122 G1 X31.719 Y-5.2538
N124 G2 X31.7779 Y-5.4555 I-.3161 J-.2017
N126 X31.4029 Y-5.8305 I-.375 J0.
N128 G1 X-33.0777
N130 G2 X-33.4527 Y-5.4555 I0. J.375
N132 X-33.3966 Y-5.2581 I.375 J0.
N134 G0 Z.25
N136 M5
N138 G49 Z.25
N140 G91 G28 Z0.
N142 G28 X0. Y0. A0.
N144 M30
%
```

3.14 การทำ Drilling 2 มิติ

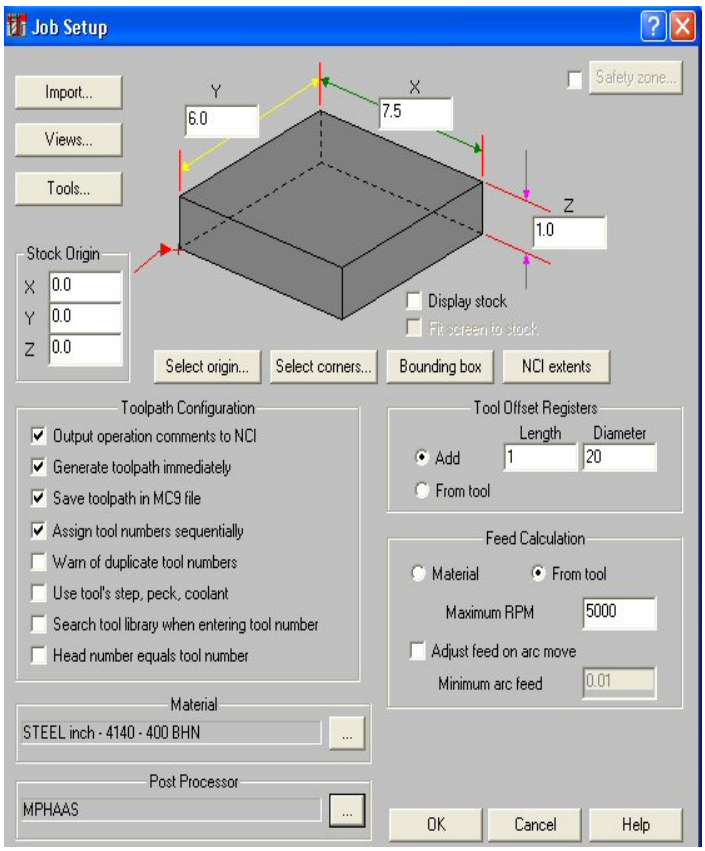


รูปที่ 3.128

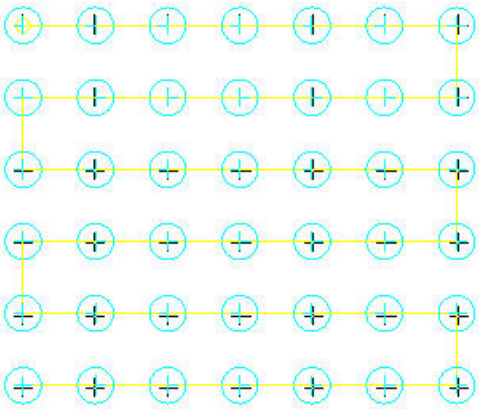


รูปที่ 3.129

- สร้างเส้น toolpath จากนั้นเลิก Job Setup เลือก Stock โดยการใช้ขนาดพิกัด 0,0 และ 7.5,6.0 โดยใช้ค่าความหนา 1 “ ทำจากวัสดุ เหล็ก 4140



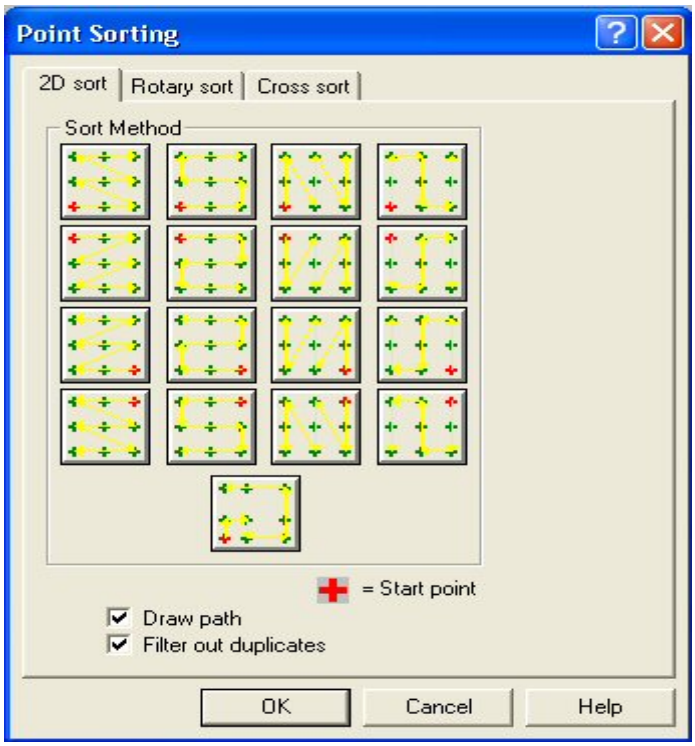
รูปที่ 3.130



รูปที่ 3.131

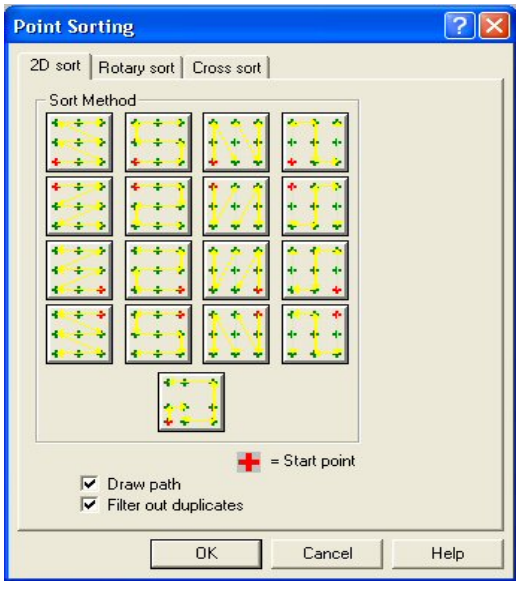
3.15 การแก้ไข toolpath ของงานเจาะ

- กรณีที่ต้องการเปลี่ยนทางเดินของ tool เลือก Option ที่เมนู Drill



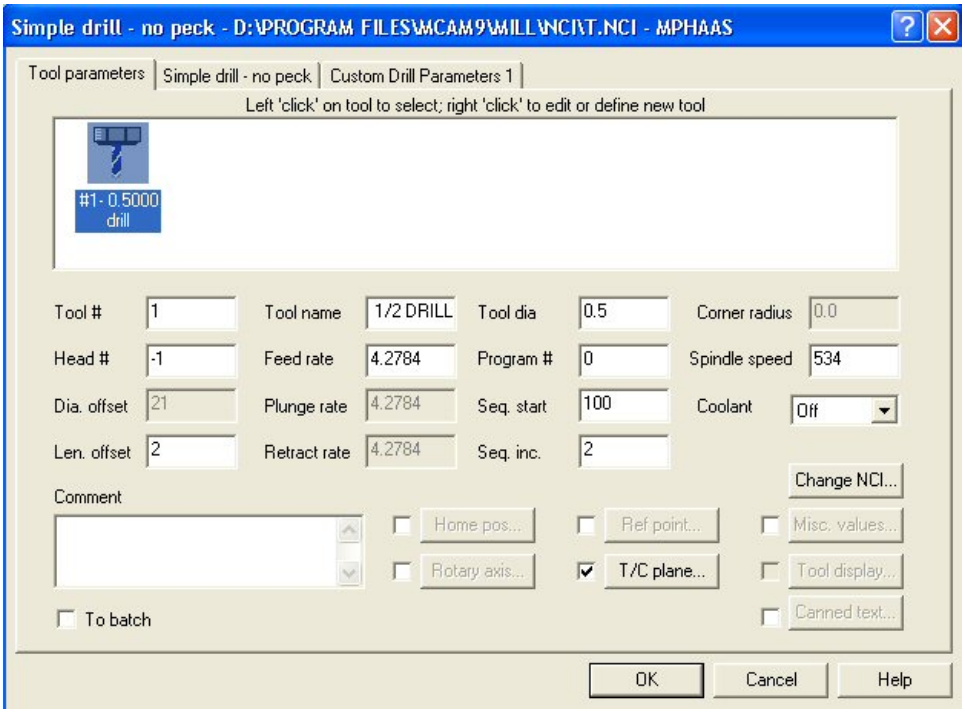
รูปที่ 3.132

การเจาะรู



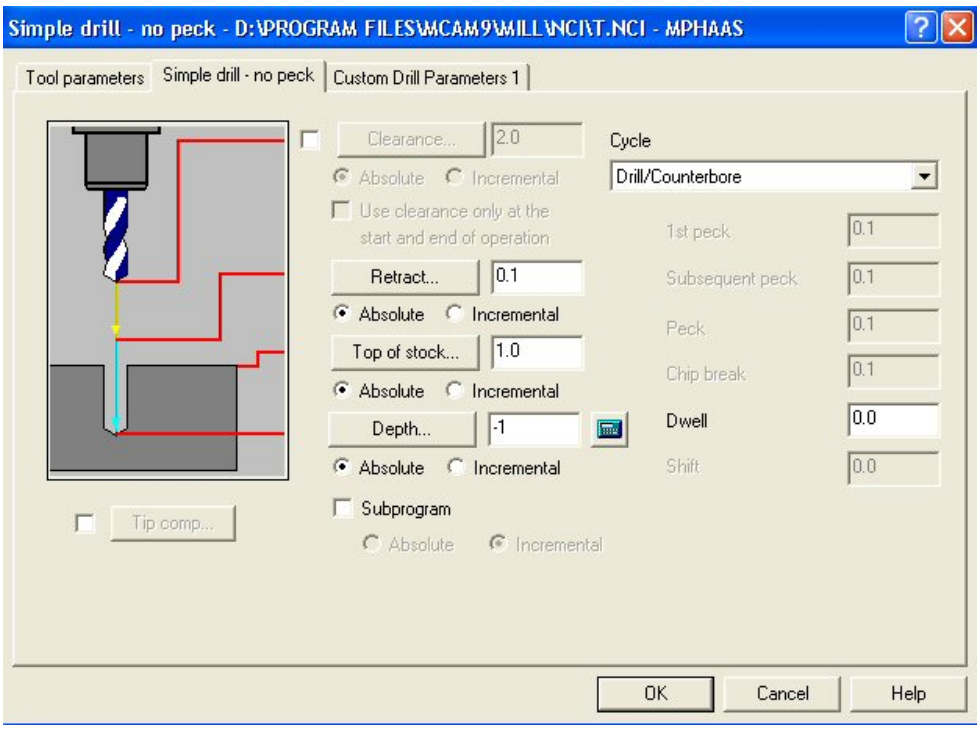
รูปที่ 3.133

- เลือก Window Pts จากเมนู Drill
- จะมีข้อความขึ้น Select the first corner of the windows
- ใช้ Mouse คลิกที่มุมซ้ายบน ดึงลากลงมาด้านล่างขวา
- คลิกซ้ายเพื่อตอบรับ จากนั้นคลิก Option จากเมนู Drill
- เลือกทิศทางในการเจาะ ดูรูป
- คลิก OK
- คลิก Done จากเมนู Drill



รูปที่ 3.134

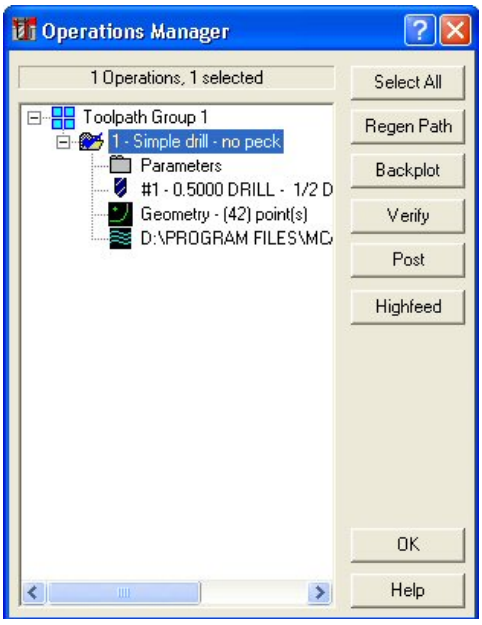
- คลิกขวาเลือก Get tool from library
- เลือกดอกสว่าน 0.5 “ คลิก Ok
- คลิกที่แท็บ Drill/Counterbore ป้อนค่าความลึกที่จะทำการเจาะ
- เลือก Ok



รูปที่ 3.135

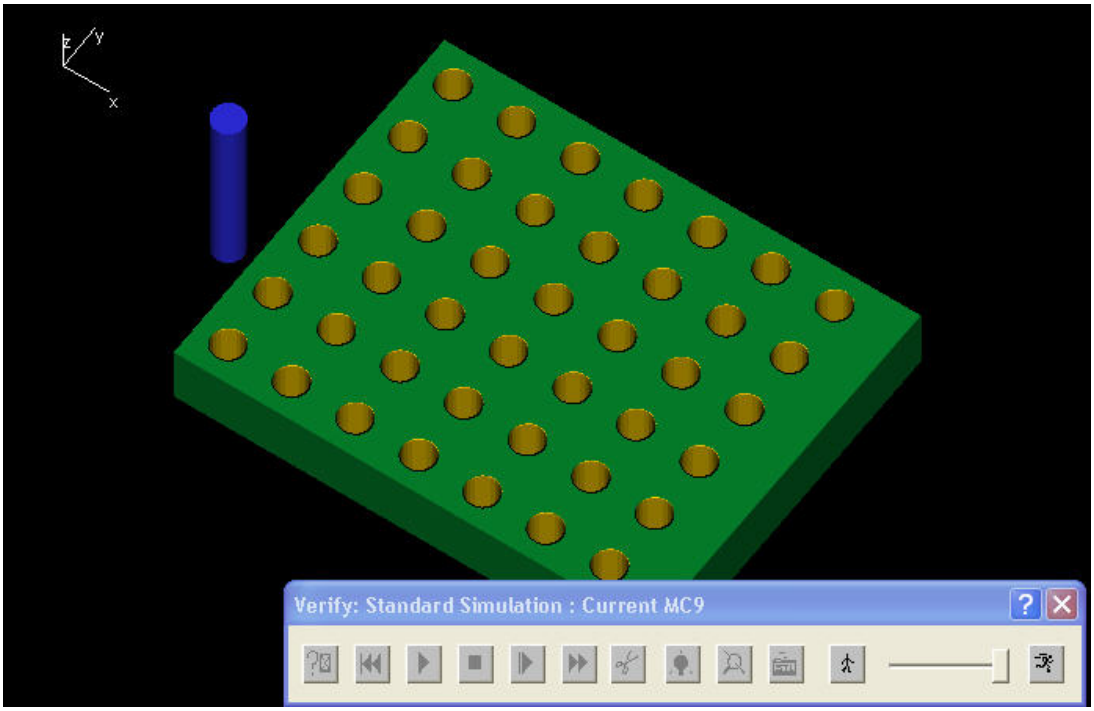
Operation Manager

จะช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน เพื่อหรือแก้ไขเส้น Toolpaths ซึ่งจะมีคำสั่ง Verify ,Blackplot , และทำการ post



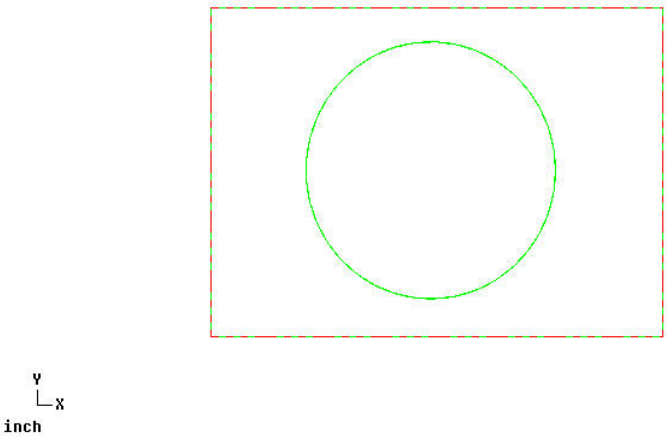
รูปที่ 3.136

คลิก Post เพื่อดูรูป Simulation ดังรูป



รูปที่ 3.137

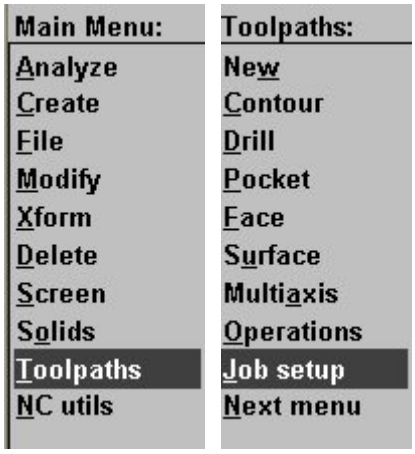
2.16 การทำ Pocketing



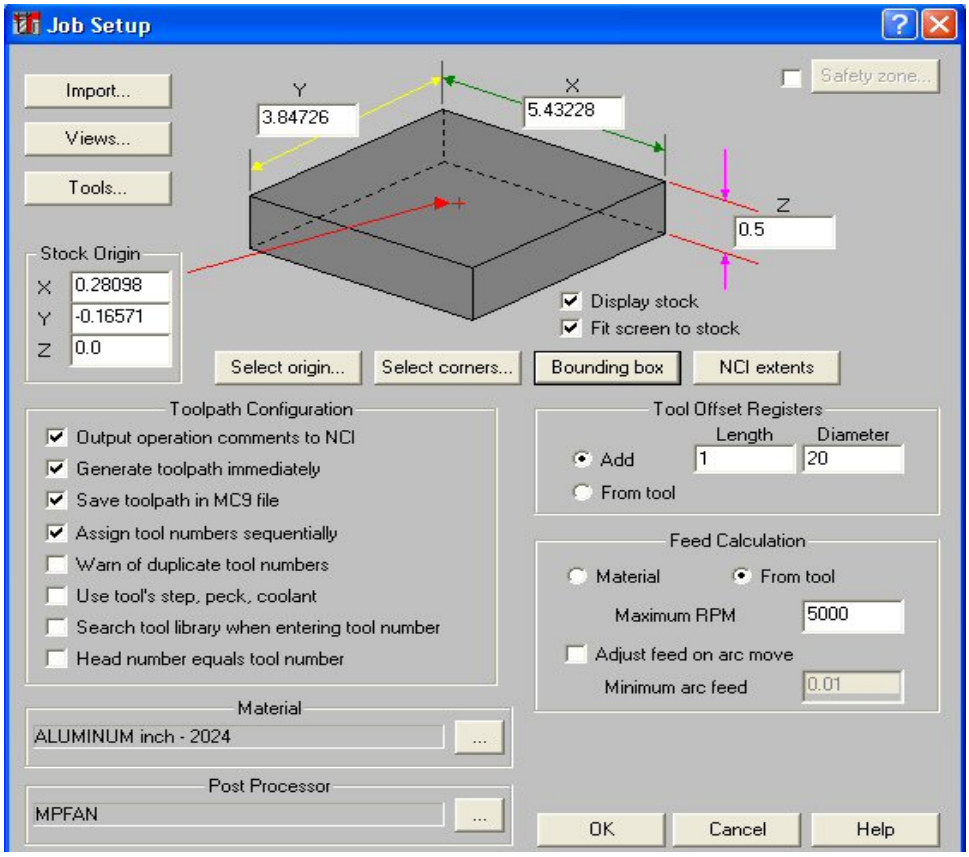
รูปที่ 3.138

Job Setup

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการทำสต๊อก กำหนดขนาดของชิ้นงาน จุด Origin และใช้กำหนดชนิดของวัสดุ

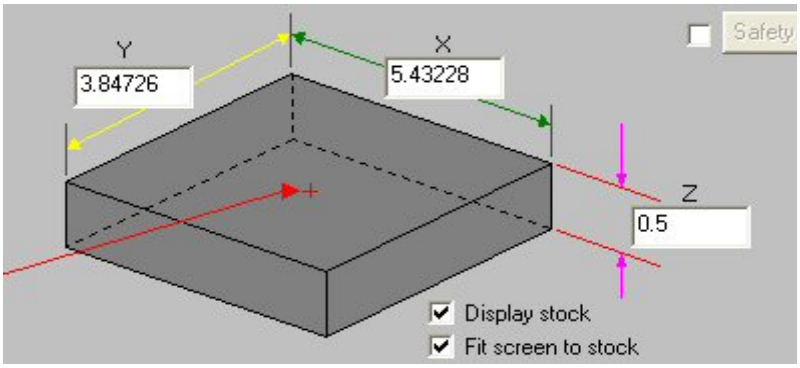


รูปที่ 3.139



รูปที่ 3.140

- กำหนดขนาดของ Stock โดยกำหนดค่า ในแกน XYZ และจุด Origin

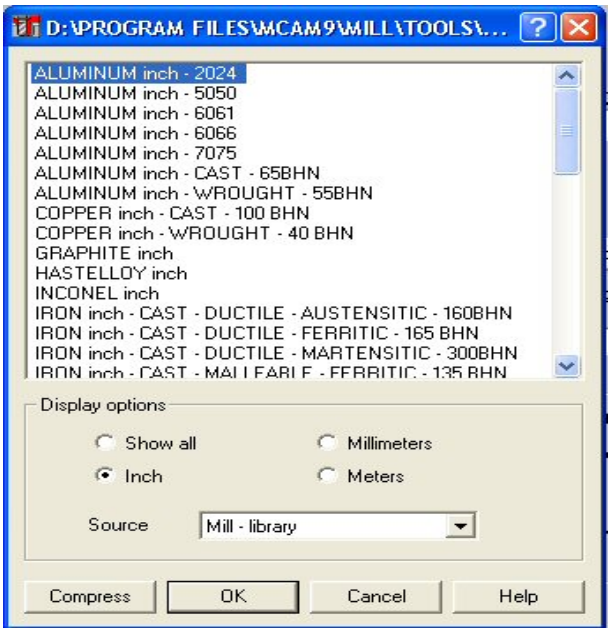


รูปที่ 3.141

- เลือกชนิดของ วัสดุ ดังรูป

รูปที่ 3.142

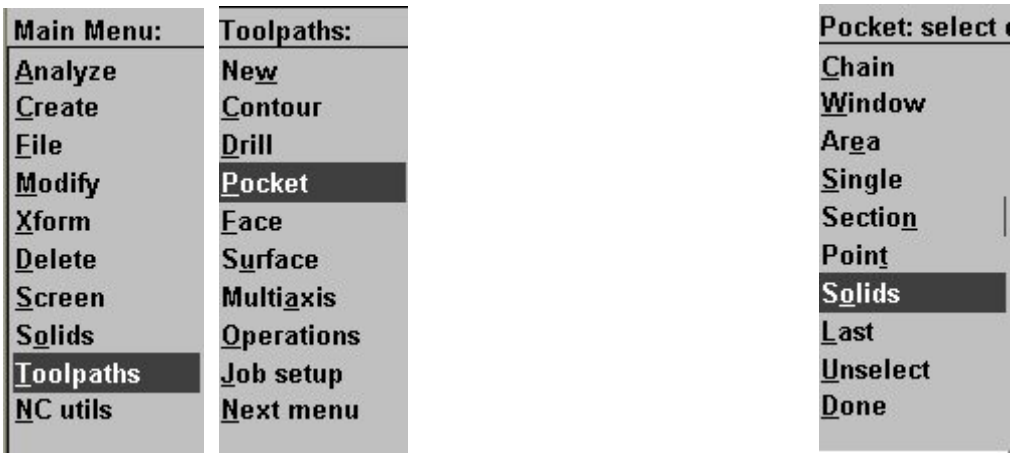
- คลิกจะปรากฏกรอบแสดงชนิดของวัสดุชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 3.143

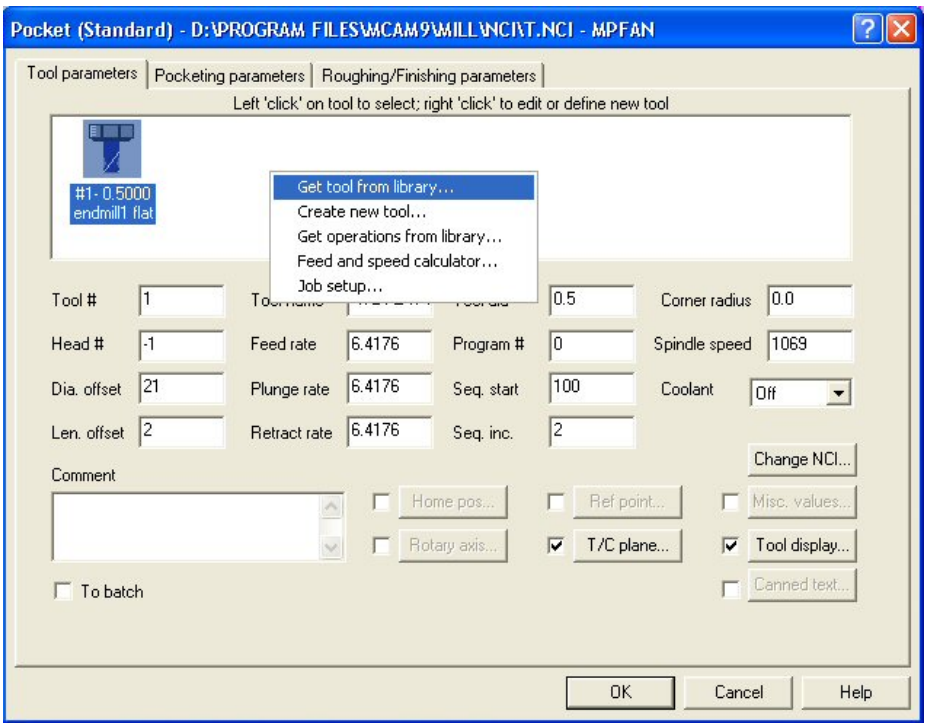
ขั้นตอนการทำ Pocket

- เลือก Toolpaths > Pocket > Solids
- คลิกที่พื้นผิวที่ต้องการทำ Pocket คลิก Done > Done



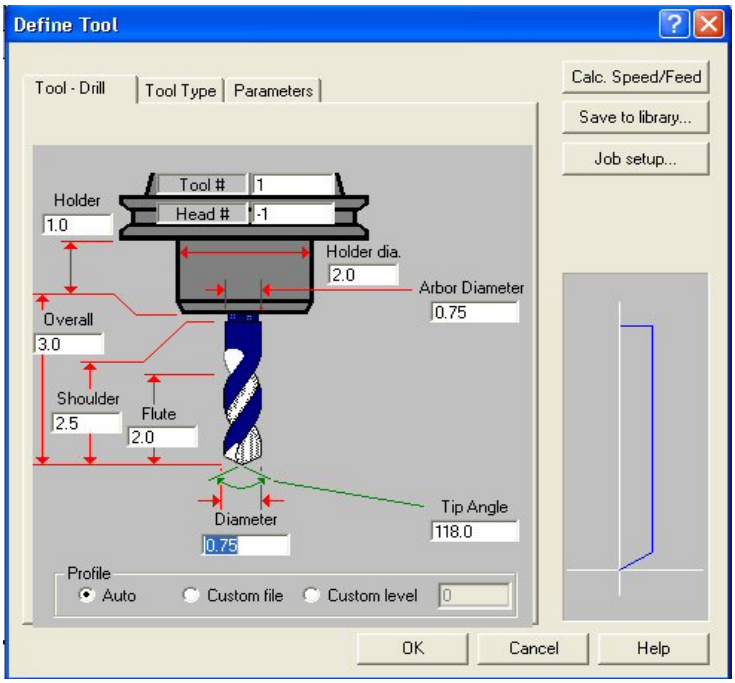
รูปที่ 3.144

- คลิก Done จะปรากฏกรอบขึ้นมา
- คลิกขวาเลือก Get tool from library โดยเลือก 0.5 endmill

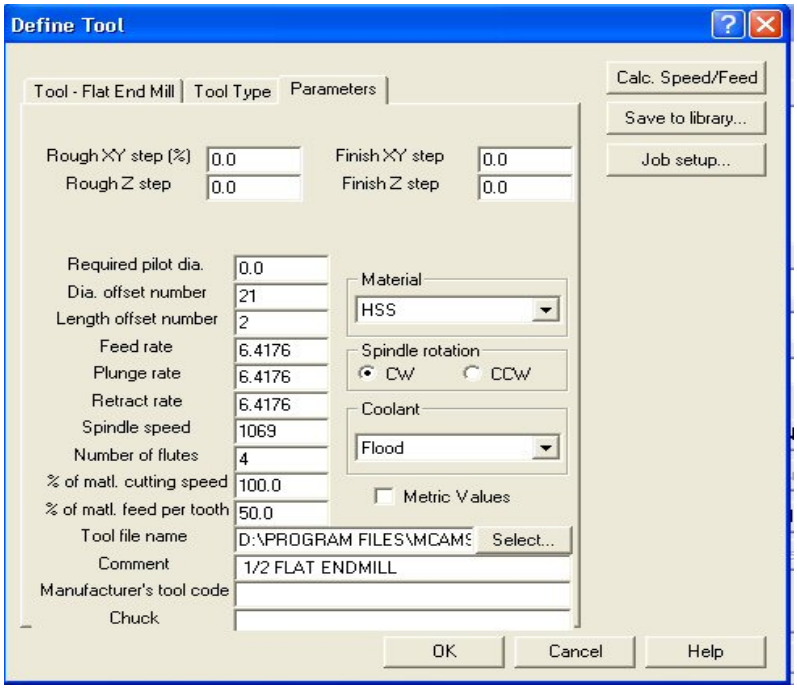


รูปที่ 3.145

- กรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดของ tool และ Holder หรือ tool ไม่มีตาม list โดย Click ขวาที่ไอคอน tool จะปรากฏกรอบขึ้นมา

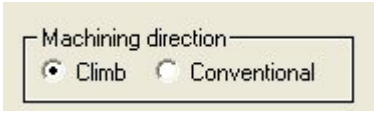


รูปที่ 3.146



รูปที่ 3.147

ทิศทางของ Pocketing



รูปที่ 3.148

Machine Direction

การตั้งค่าทิศทางการเดินกัดชิ้นงานมี 2 แบบคือ Climb และ Conventional

Tip Comp

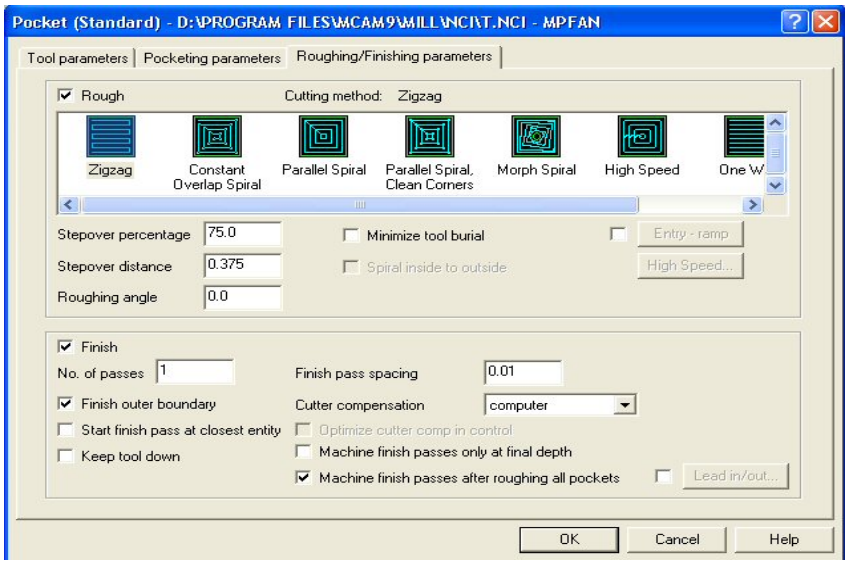
รูปที่ 3.149

การตั้งค่าจุดอ้างอิงของ tool ที่จะให้กัดชิ้นงานมี 2 แบบ คือ

- tip การอ้างอิงที่ปลาย tool
- comp การอ้างอิงที่จุดศูนย์กลางของรัศมี tool

3.17 การปรับทิศทางการเดินของ tool

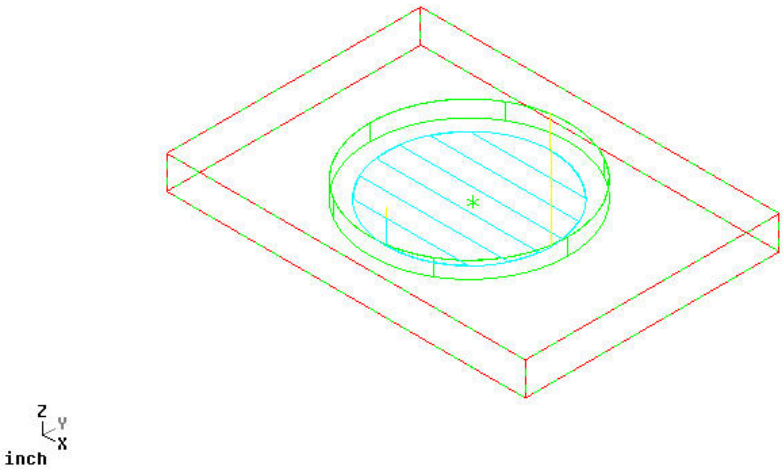
- คลิก Operation ที่เมนู toolpath แล้วคลิก parameter
- คลิก tab ของ Roughing/Finishing parameter



รูปที่ 3.150

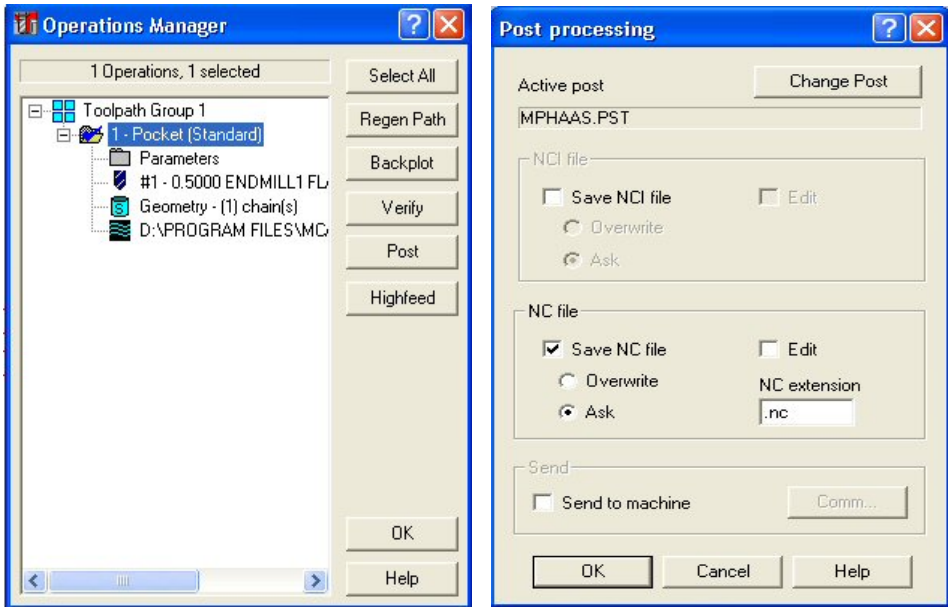
จากนั้นคลิก OK

จากนั้นเมื่อทำการปรับแต่ค่าต่าง ๆ เสร็จ จะได้รูปข้างล่าง



รูปที่ 3.151

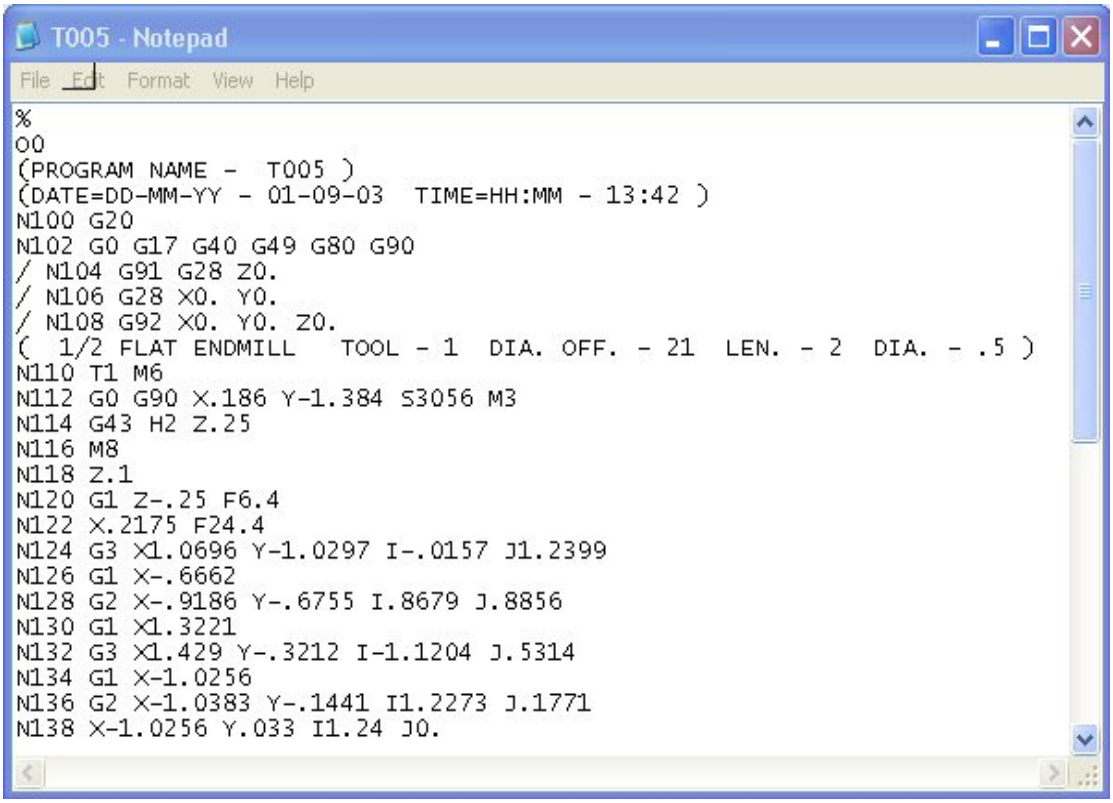
- ในการทำ Post คลิก Operation ที่เมนู toolpath แล้วคลิก Post จะปรากฏกรอบดังรูป
- คลิก Post



รูปที่ 3.152

- คลิก OK เพื่อทำการ Save

- พิมพ์ชื่อ file โดยใช้ชื่อ T005.MC9 คลิก Save
- เปิดดู file ที่ Save โดยเปิด โปรแกรม Notepad
- เลือก ไฟล์ ซึ่งเซฟที่ D:\ Program Files\ MCAM9\Mill\NC\T005.NC



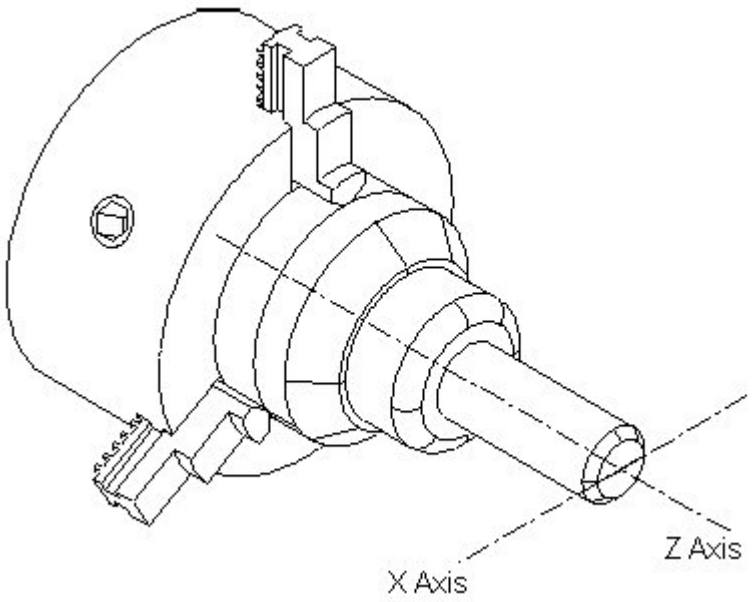
รูปที่ 3.153

บทที่ 4
การออกแบบโดยใช้ Mastercam Lathe

4. การออกแบบสำหรับงานกลึง

4.1 ระบบพิกัดสำหรับงานกลึง

ก่อนทำการใช้งานด้วย Mastercam Lathe สิ่งแรกที่จะต้องพิจารณา คือระบบพิกัด(Coordinate System) ซึ่งแตกต่างกับงานกัด (Milling) งานกลึงจะมีแค่ 2 แกน คือ แกน X และ
แกน Z

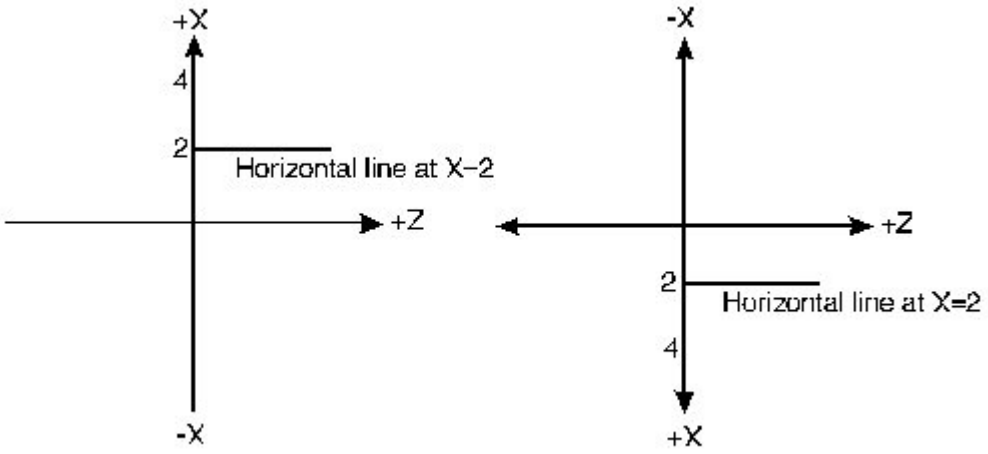


รูปที่ 4.1

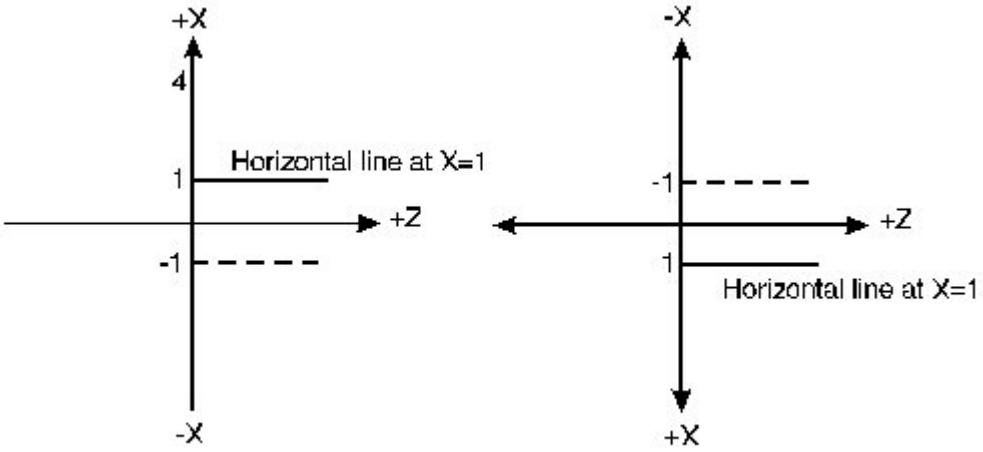
Construction Plane (CPlane)

ใน Mastercam Lathe จะใช้ระบบพิกัด คือ +DZ, −DZ ,+XZ ,−XZ
ซึ่ง X จะเรียกว่า Radius Programming และ D เรียกว่า Diameter Programming

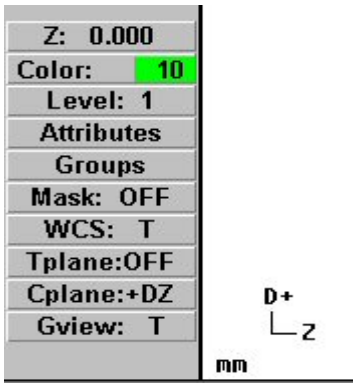
อย่างเช่นต้องการกลึงงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ซึ่งถ้าใช้ +XZ ,−XZ (Radius Programming) ซึ่งในการออกแบบจะสร้างแค่ครึ่งหนึ่งเท่านั้น คือ 0.5 นิ้ว กรณีถ้าใช้ +DZ,−DZ (Diameter Programming) จะต้องออกแบบตามงานจริง คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว



รูปที่ 4.2



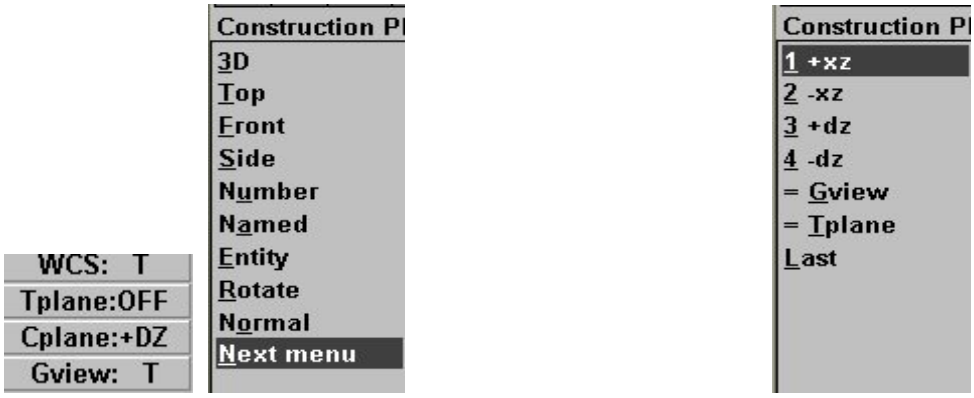
รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4

4.2 ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้ Mastercam Lathe

- เลือกใช้ +XZ หรือ -XZ (Radius Programming) คลิก Cplane > Next Menu > +XZ



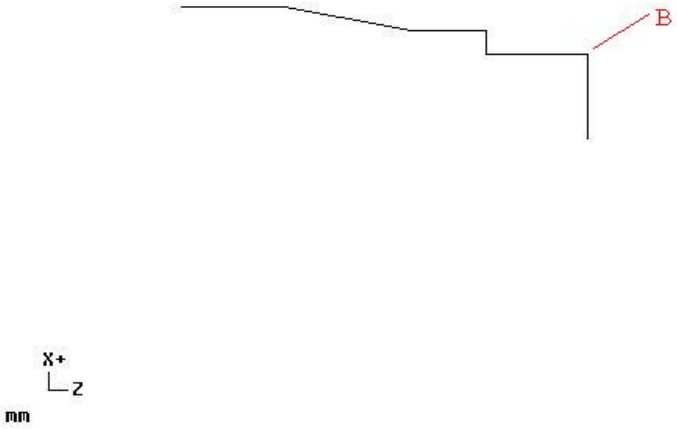
รูปที่ 4.5

- ทำการเขียนแบบคล้าย Mastercam Mill
- เลือก Main Menu > Create > Line > Muti หรืออาจจะเรียกใช้ไอคอน Multi Line

จากทูลบาร์

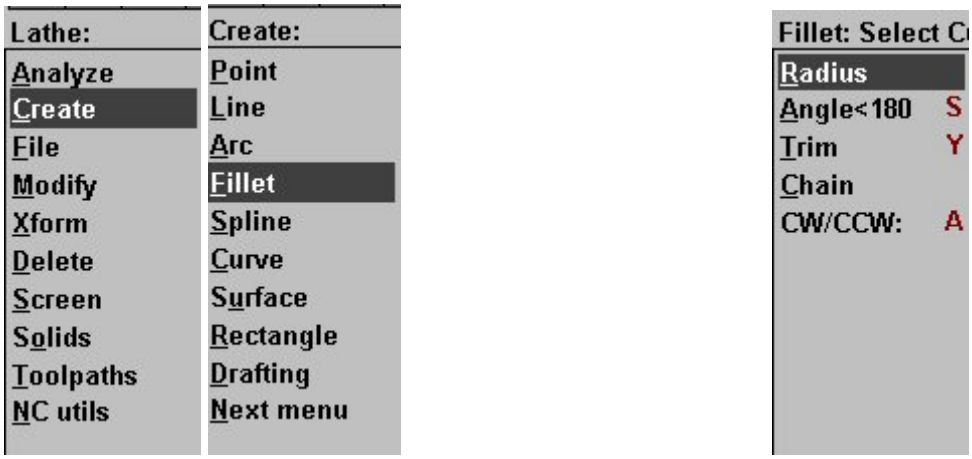
Point	Radius Value	Z Value
A	0	0
B	0.875	0
C	0.875	-1
D	1.125	-1
E	1.125	-1.75
F	1.375	-3
G	1.375	-4

Point	Diameter Value	Z Value
A	0	0
B	1.75	0
C	1.75	-1
D	2.25	-1
E	2.25	-1.75
F	2.75	-3
G	2.75	-4



รูปที่ 4.6

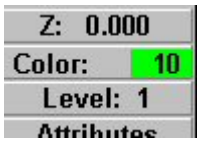
- ทำการ fillet จุด B รัศมี 0.1 นิ้ว
- เลือก Create > fillet > radius



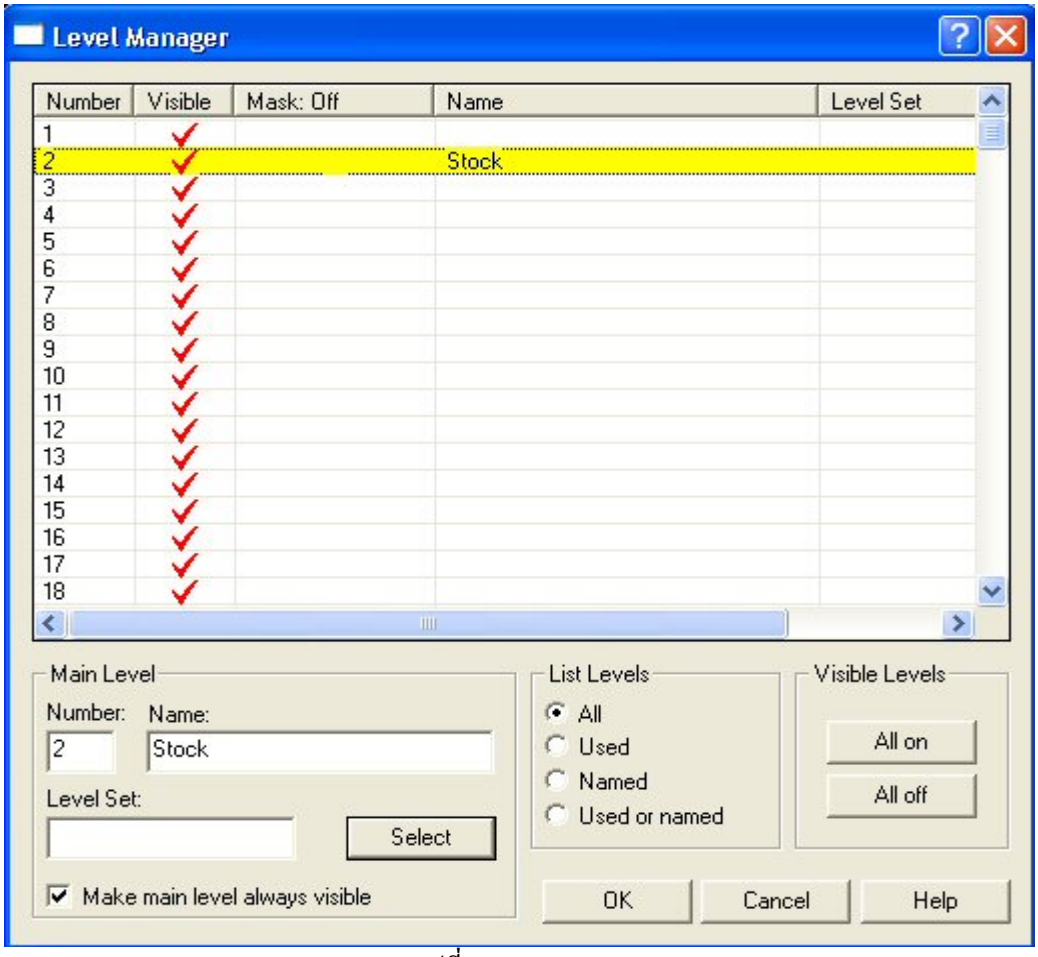
รูปที่ 4.7

รูปที่ 4.8

- พิมพ์ค่า 0.1 แล้วกด Enter
- ทำการสร้าง Bar Stock ซึ่งจะทำใน level 2 โดยเลือก level จาก Secondary Menu จะปรากฏ Dialogue Box เลือก หมายเลข 2 คลิก Ok



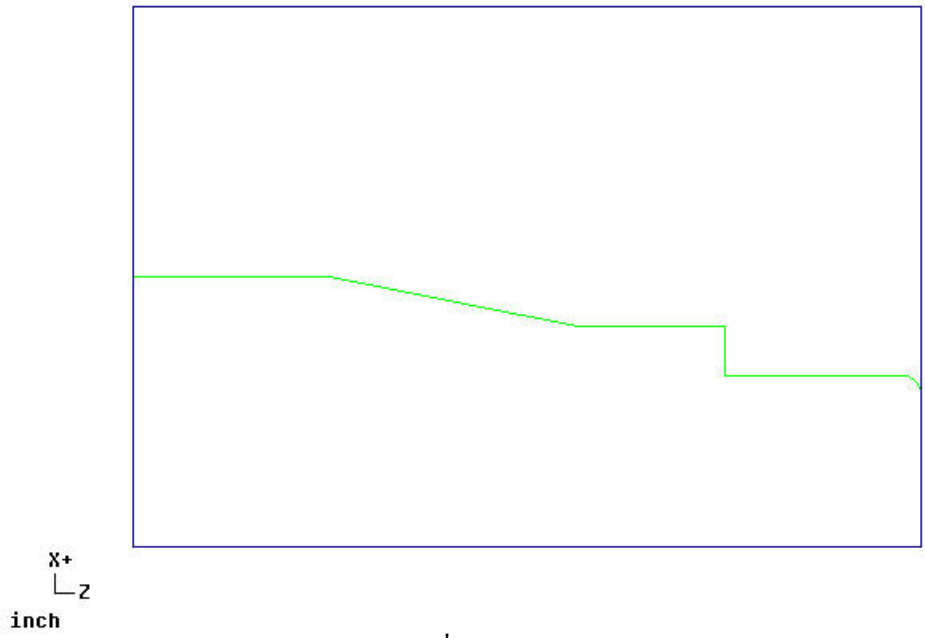
รูปที่ 4.8



รูปที่ 4.9

- ทำการเปลี่ยนสีของเส้น โดยคลิก Color จาก Secondary menu คลิก Ok
- ทำการออกแบบ Bar Stock
- เลือก Create > Rectangle > 2 Points

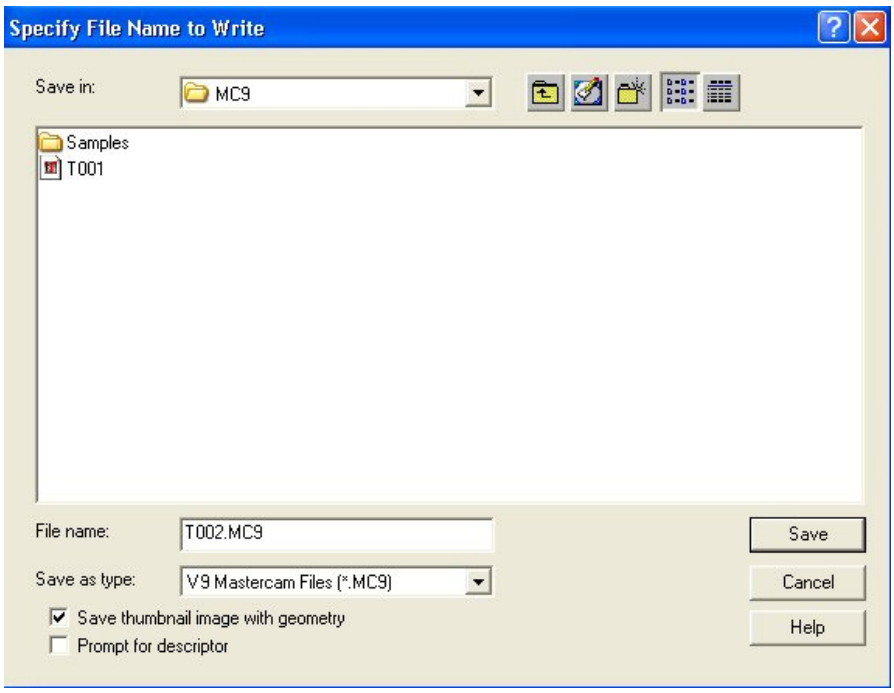
- พิมพ์ค่าพิกัด 0.-4 ที่มุมล่างซ้ายและพิมพ์ค่า 2.75,0 ซึ่งอยู่บนมุมขวาจะปรากฏดังรูป



รูปที่ 4.10

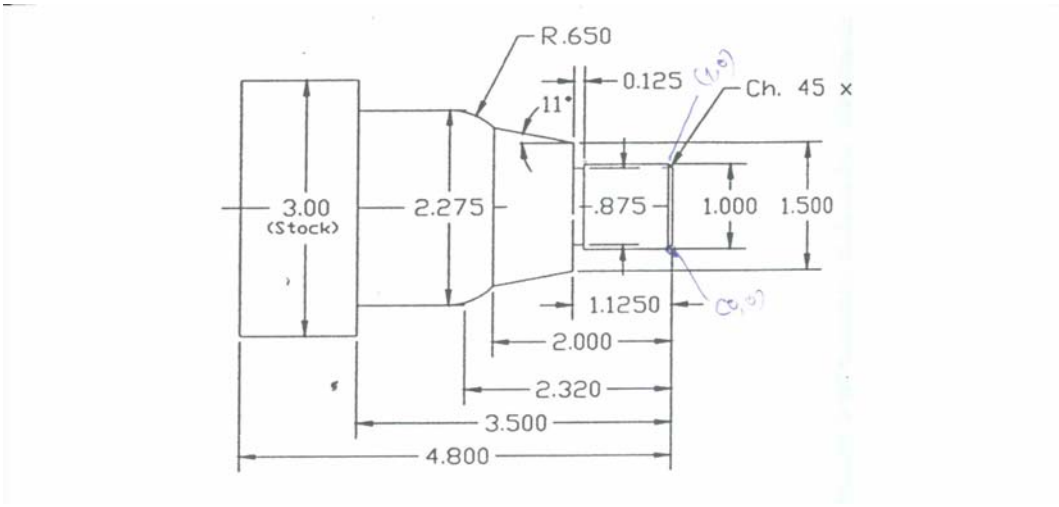
รูปที่ 4.11

- Save งานโดย คลิกที่ File > Save
- พิมพ์ชื่อ File โดยใช้ tutorial1
- เลือก Save



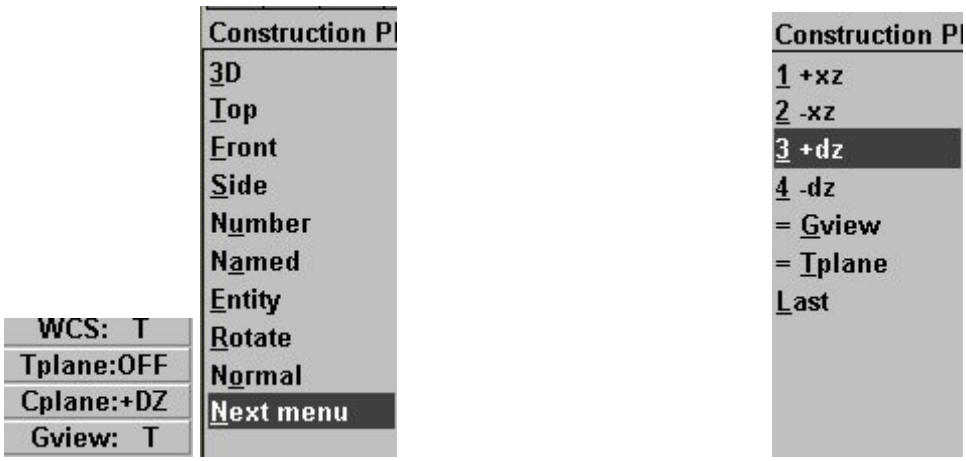
รูปที่ 4.12

4.3 ตัวอย่างการออกแบบ ชิ้นงานที่ 2



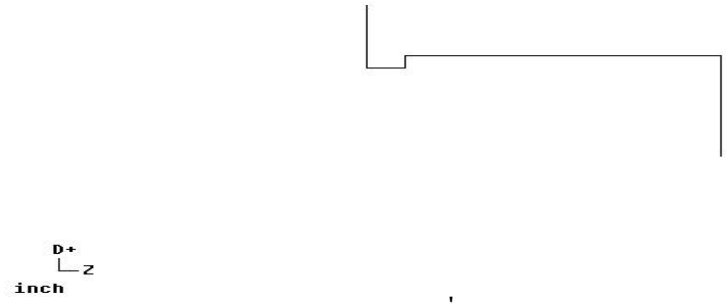
รูปที่ 4.13

- เลือกใช้ +DZ หรือ -DZ (Radius Programming)
- คลิก Cplane > Next Menu > +DZ

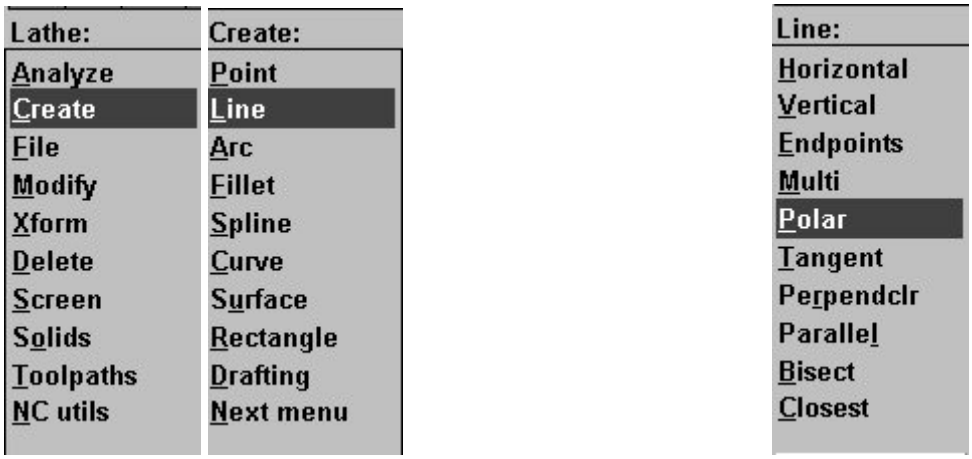


รูปที่ 4.14

- ทำการเขียนแบบคล้ายกับ Mastercam Mill
- เลือก Main Menu > Create > Line > Vertical หรืออาจจะเรียกใช้ไอคอน Multi Line จากทูลบาร์
- พิมพ์ค่าพิกัด 0,0 และค่าที่ 2 คือ 1,0
- เปลี่ยนเป็นเส้นในแนวนอน คลิก Backup แล้วเลือก Horizontal
- ใช้ mouse คลิกที่ปลายเส้น
- พิมพ์ค่าพิกัด 1,-1
- ทำการเปลี่ยนเส้น เลือก Main Menu > Create > Line > Multi
- ใช้ Mouse คลิกในแนวนอน
- พิมพ์ค่าพิกัด 0.875 , -1.125 และจุด 1.5,-1.125

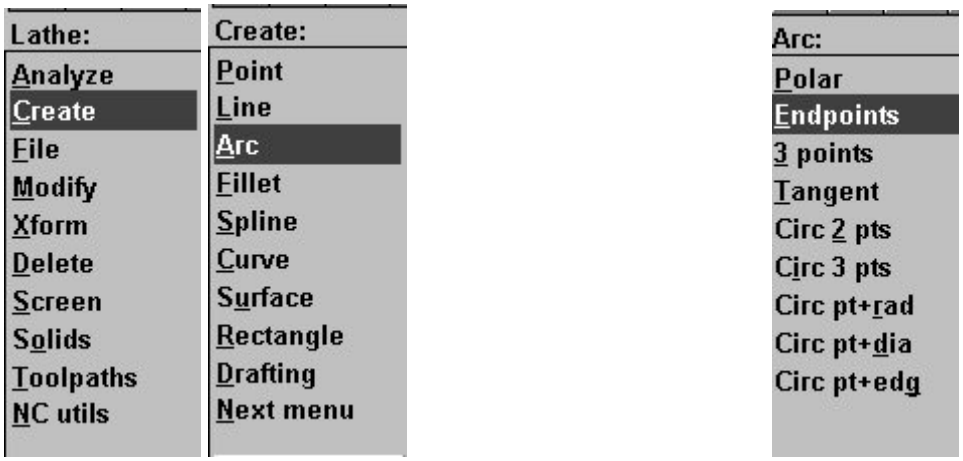


รูปที่ 4.15



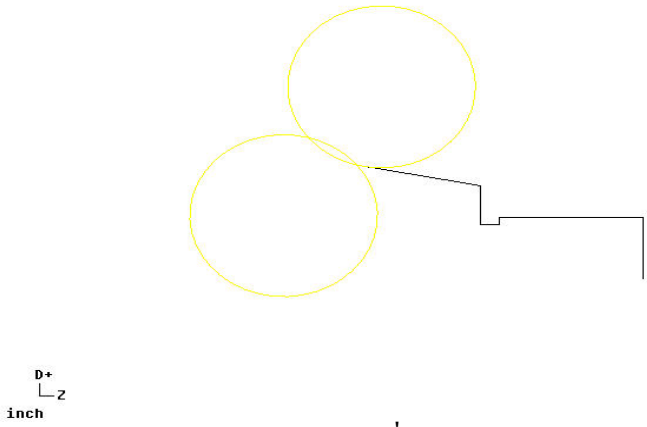
รูปที่ 4.16

- Main Menu > Create > Line > Polar
- ใช้ mouse คลิกที่ปลายเส้น
- พิมพ์ค่ามุมเท่ากับ 169 องศา และพิมพ์ค่าความยาว 0.875
- ขั้นต่อไปสร้างเส้นโค้ง



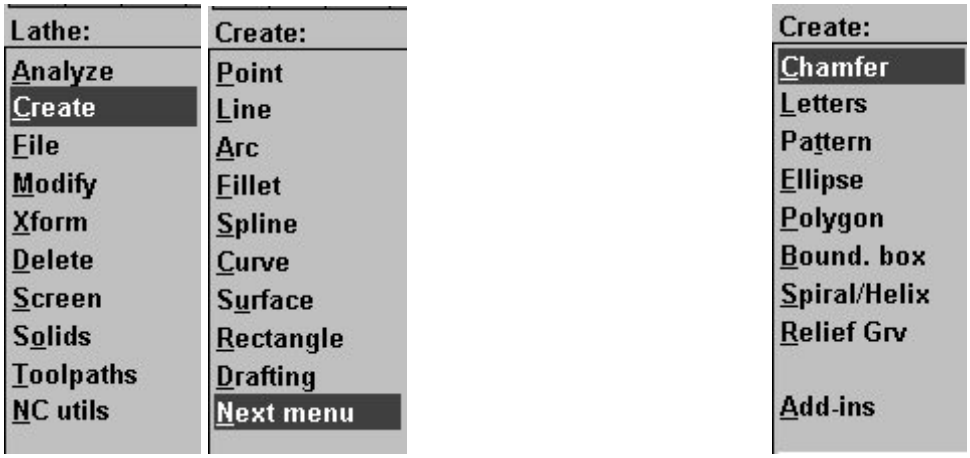
รูปที่ 4.17

- ใช้ mouse คลิกที่ปลายเส้น
- พิมพ์ค่าพิกัด 2.275,-2.32 และค่ารัศมีเท่ากับ 0.65

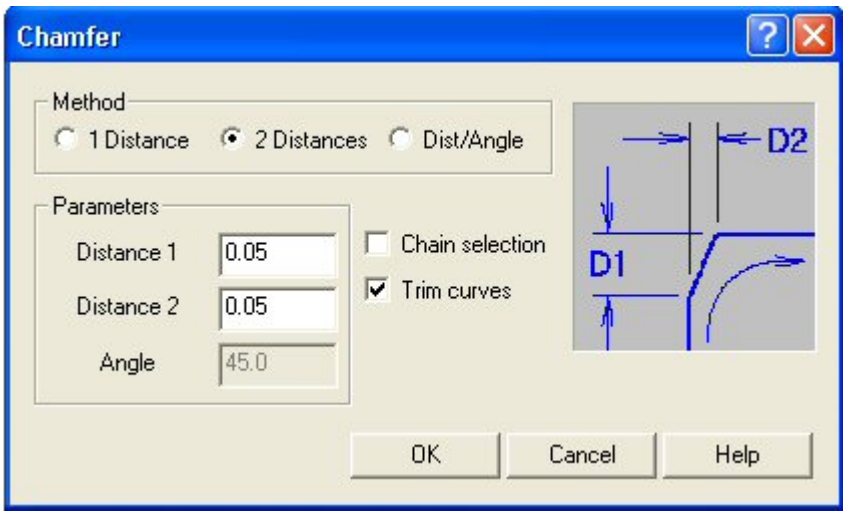


รูปที่ 4.18

- สร้างเส้นถัดไป เลือก Main Menu > Create > Line > Endpoints
- พิมพ์ค่าพิกัด 2.275,-3.5
- สร้างเส้นตรงแนวดิ่ง ใช้เส้น Vertical
- พิมพ์ค่าพิกัด -3
- ทำการ chamfer

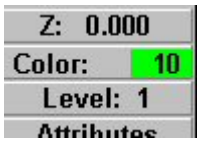


รูปที่ 4.19

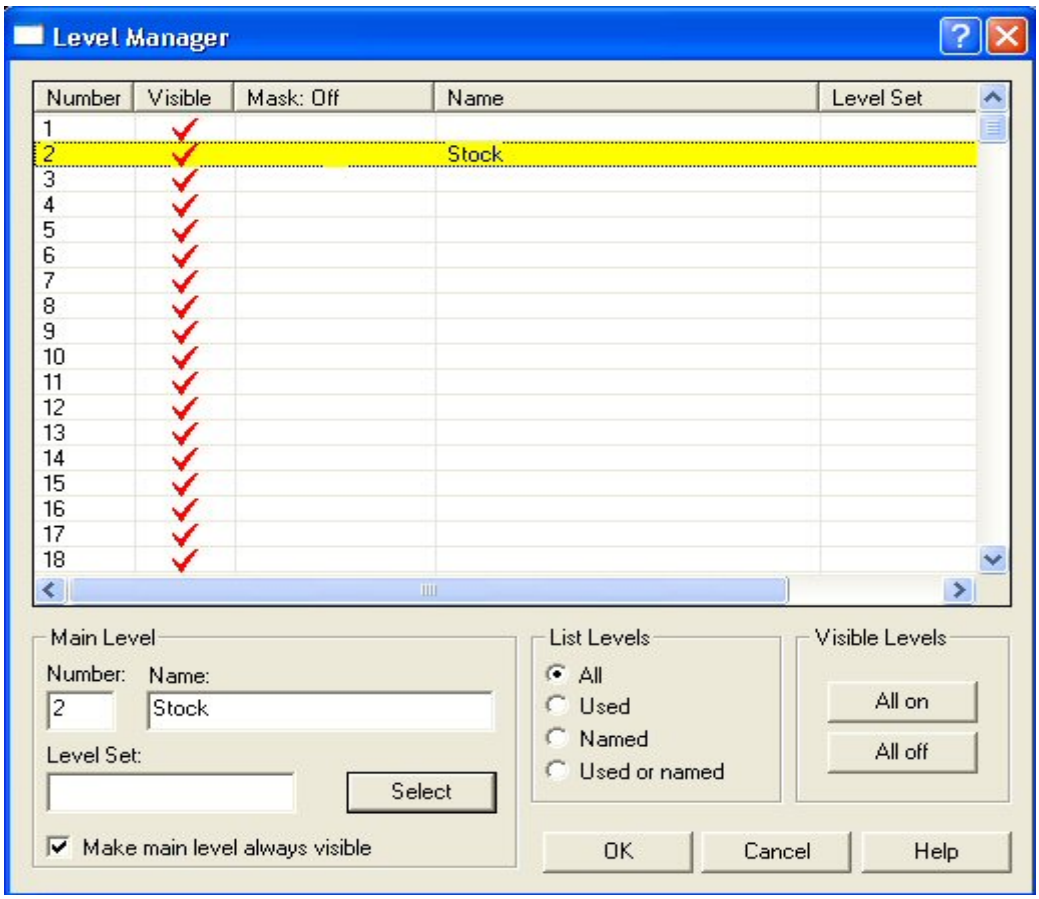


รูปที่ 4.20

- เลือก 2 Distances
- ความยาวด้านแรก = 0.05 และด้านที่ 2 เลือก 0.05 คลิก Ok
- ทำ rough bar stock โดยใส่ไว้ใน level 2

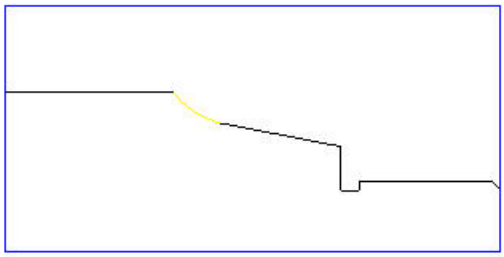


รูปที่ 4.21



รูปที่ 4.22

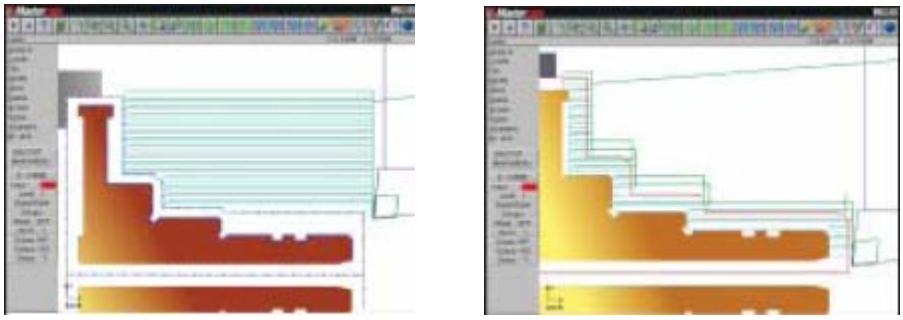
- เลือก หมายเลข 2 คลิก Ok
- ทำการเปลี่ยนสีของเส้น
- สร้าง stock เลือก main menu > Create > rectangle



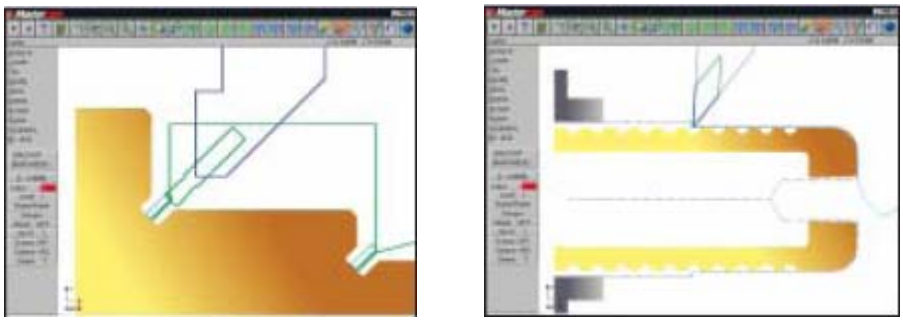
รูปที่ 4.23

- พิมพ์ค่าพิกัดจุดแรก 0,-3.5 จุดที่ 2 คือ 3.5,0
- จากนั้นทำการ Save file ชื่อ tutorial2
- เลือก Save คลิก Ok

4.4 การสร้างเส้น toolpath สำหรับงานกลึง

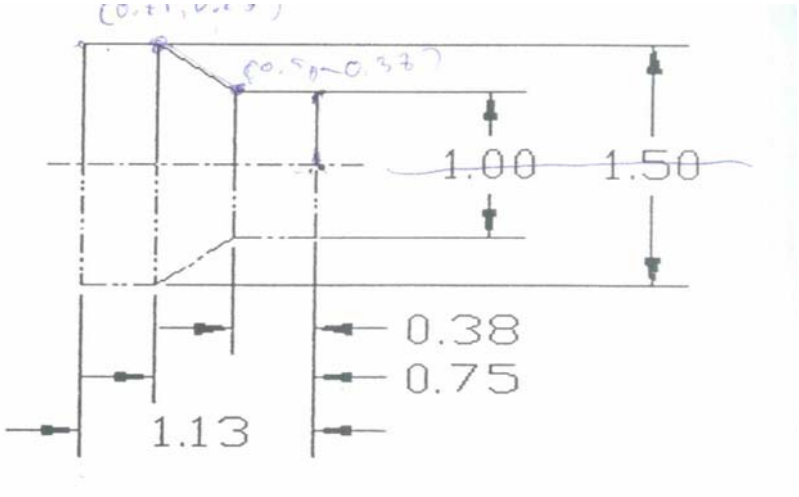


รูปที่ 4.24



รูปที่ 4.25

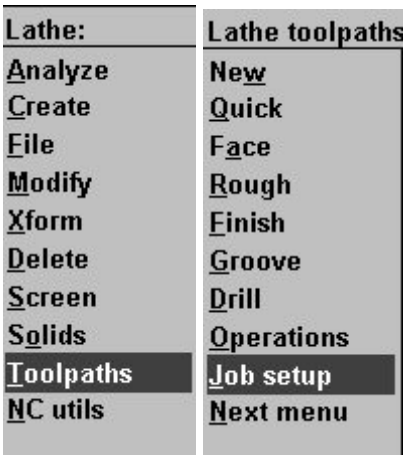
4.5 ตัวอย่างงานที่ 1



รูปที่ 4.26

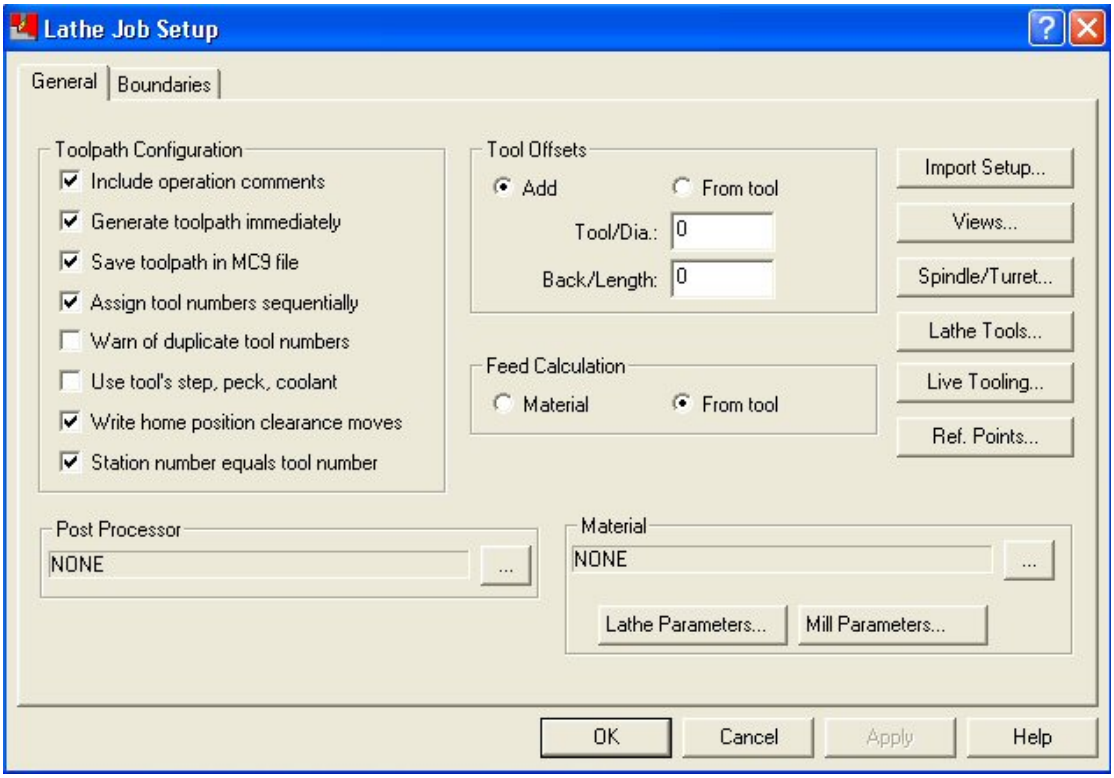
Job setup

Job setup สำหรับงานกลึงมีไว้เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับงานกลึง เช่นกำหนด ชนิดของวัสดุ เลือกชนิดของ post processor เลือกชนิดของเครื่องจักร สร้างสต็อก ฯลฯ



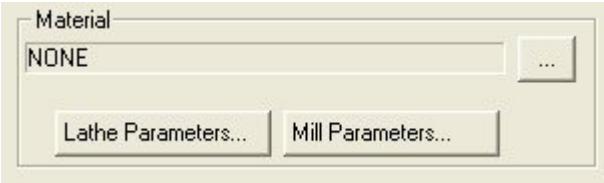
รูปที่ 4.27

จะปรากฏ Dialogue box ของ Job Setup ขึ้นมา



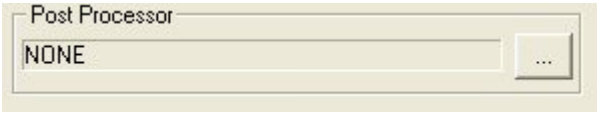
รูปที่ 4.28

- เลือกชนิดของวัสดุ โดยใน ตัวอย่างนี้เลือก steel inch 4140 400BHN คลิกที่ปุ่มด้านขวาเพื่อเลือก วัสดุ



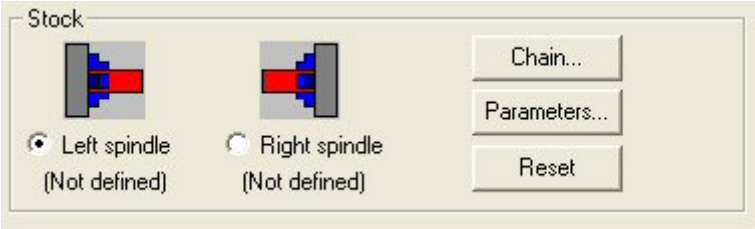
รูปที่ 4.29

- ทำการเลือก ชนิดของ Post processor โดยเลือกชนิดให้เหมาะสมกับ M/C ที่ใช้ ในที่นี้เลือก Genetic Fanuc



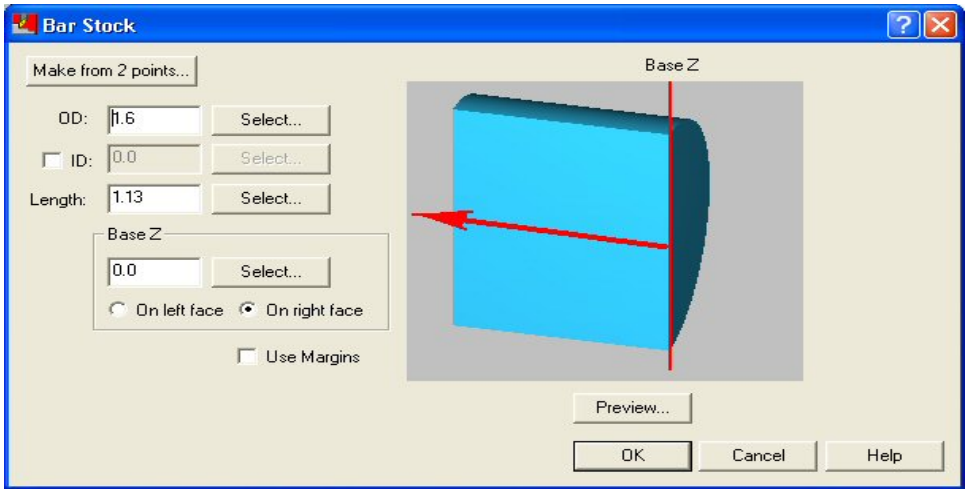
รูปที่ 4.30

- จากนั้นทำการกำหนดขนาด Stock โดย คลิกที่ Tab ของ Boundaries



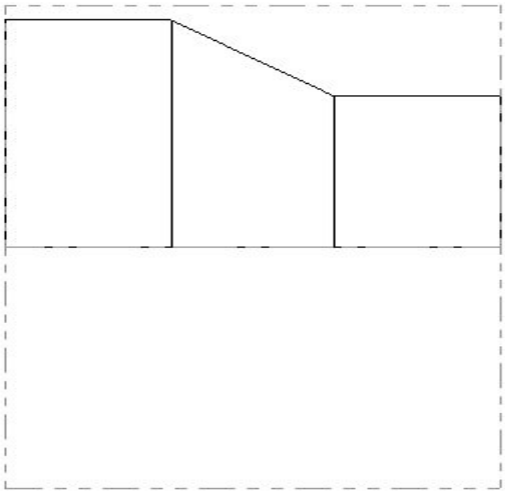
รูปที่ 4.30

- คลิก Parameter....



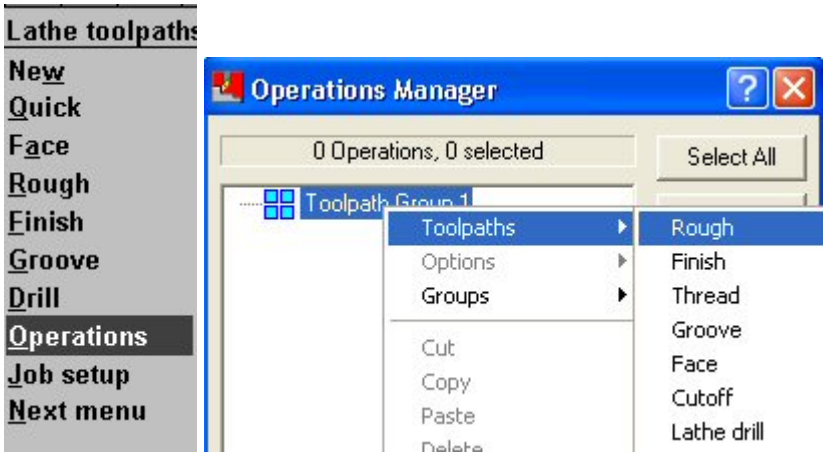
รูปที่ 4.31

- พิมพ์ค่า OD =ความโตขนาด stock และค่าความยาวเท่ากับ 1.13
- คลิก Ok
- คลิก Ok อีกครั้งเพื่อปิดกรอบ Lathe Job Setup



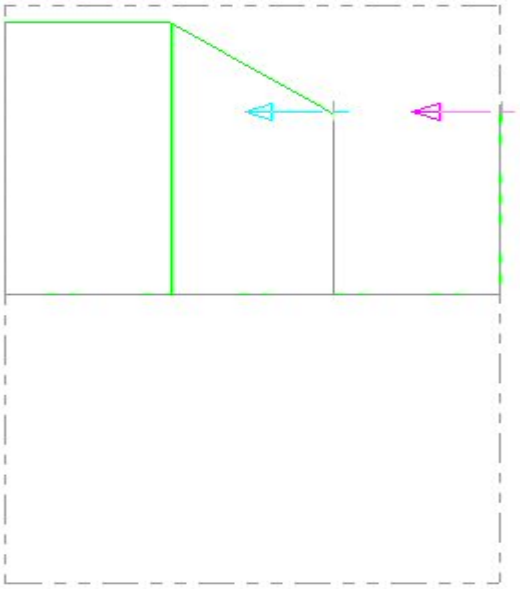
รูปที่ 4.32

ซึ่ง เส้นประที่เห็นคือ ขนาดของสต็อก ส่วนเส้นเต็มคือชิ้นงานกลึง

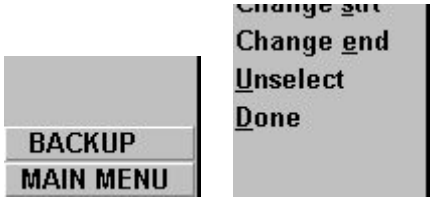


รูปที่ 4.33

- เลือก toolpath > Operation
- คลิกขวา เลือก toolpaths > rough
- คลิกที่เส้นที่ต้องการกลึง

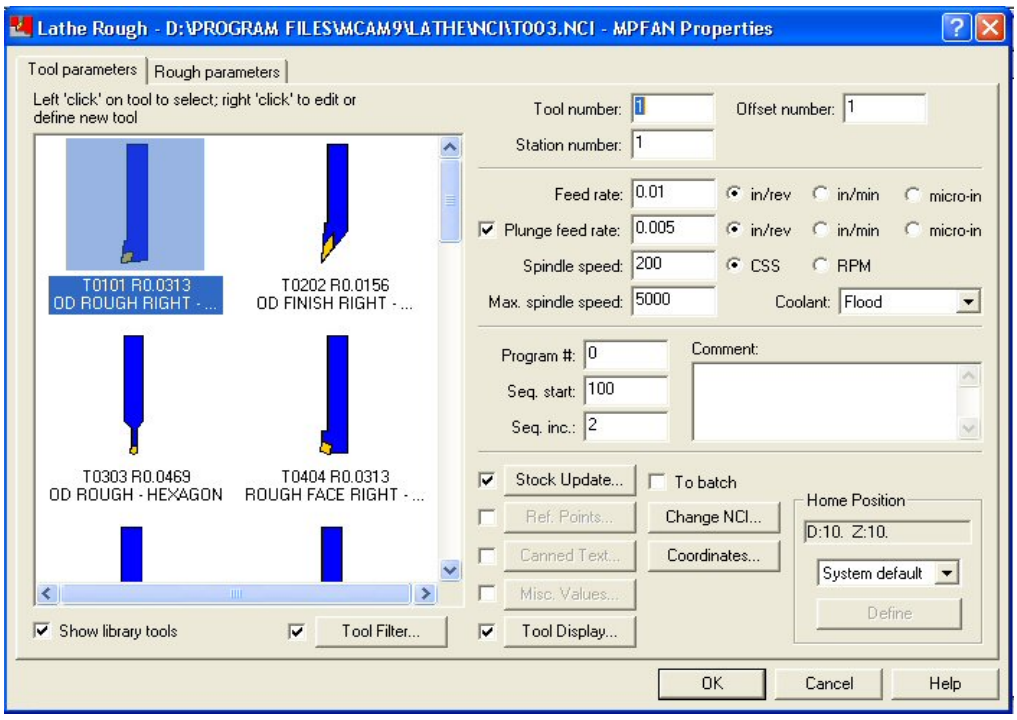


รูปที่ 4.34



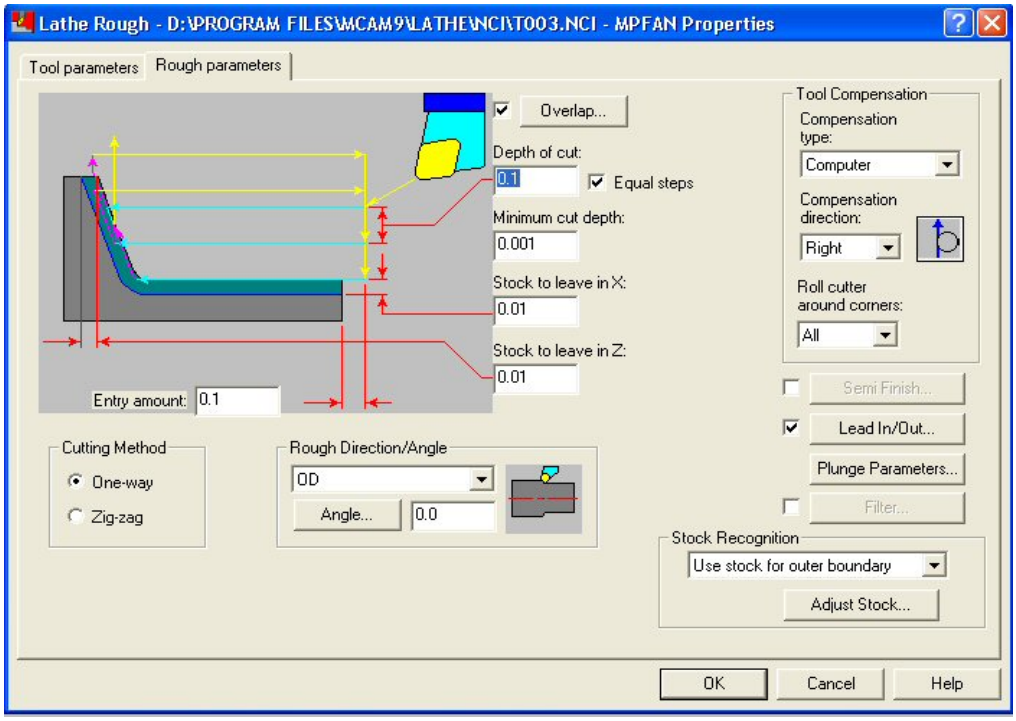
รูปที่ 4.35

- จากนั้น คลิก Backup คลิก Done จะปรากฏ Dialogue Box ของ tool parameter ขึ้นมา



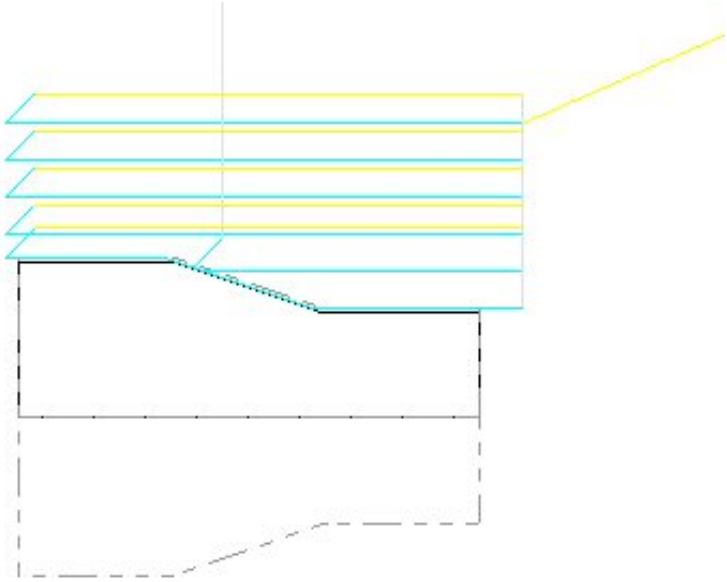
รูปที่ 4.36

- คลิก tab ของ rough parameter ขึ้นมา



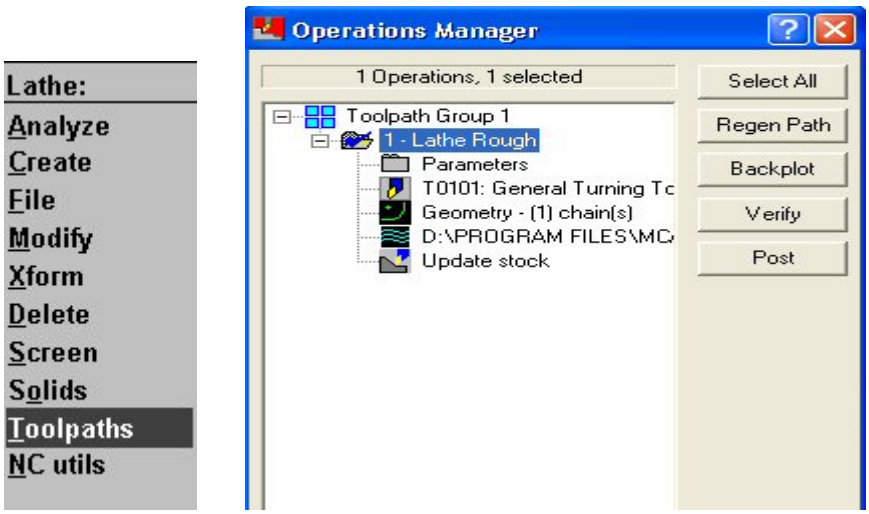
รูปที่ 4.37

- ป้อนค่า Cutting Method เลือก One-way
- คลิก Ok
- ทำการเลือกผิวของชิ้นงานที่จะกลึง โดยทำตามขั้นตอนที่ทำมา ซึ่งจะได้รูปดังนี้



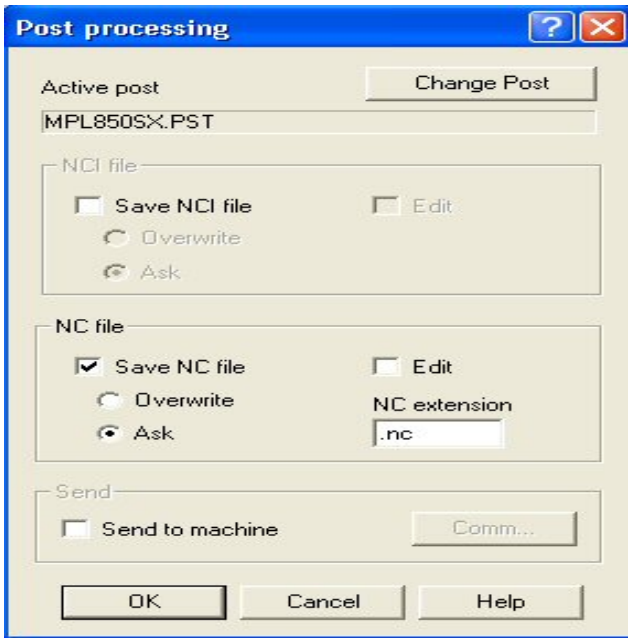
รูปที่ 4.38

- ทำการแปลง เป็น NC code
- เลือก main menu > toolpaths > Operation
- คลิก Post



รูปที่ 4.39

- จะมี Dialogue box ขึ้นมา ทำการเปลี่ยน post processor คลิกที่ Change post
- เลือก MPL850SX โดย มีคุณสมบัติดังนี้
  - # Post Name : MPL850SX
  - # Product : LATHE
  - # Machine Name : CINCINNATI
  - # Control Name : 850SX
- จากนั้น คลิกที่ช่อง save nc file คลิก Ok



รูปที่ 4.39

- ซึ่ง จะได้ Post ดังต่อไปนี้

%

(MSG, TOOL - 1 OFFSET - 1)

(MSG, LROUGH OD ROUGH RIGHT - 80 DEG. INSERT - CNMG-432)

:1G0G62G70G97S76M3T1M26X10.Z10.

N100G92S3000

N102G0G54X1.4067Z.11M8

N104G96R1.4067S200

N106G95G1Z-.37F.01

N108X1.6F.01

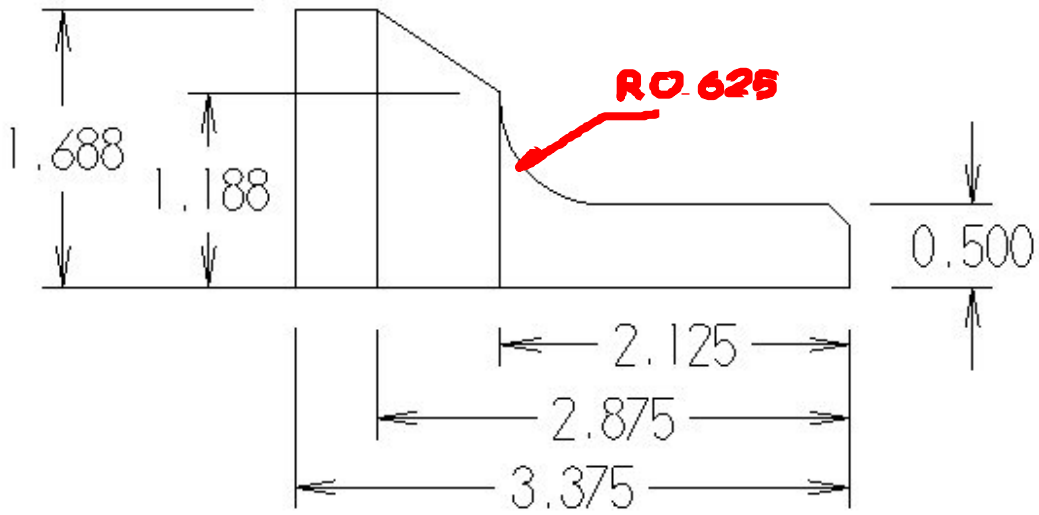
N110X1.7414Z-.2993F.01

N112G0Z.11

N114X1.2133

N116G1Z-.37F.01
N118X1.4267F.01
N120X1.5681Z-.2993F.01
N122G0Z.11
N124X1.02
N126G1Z0.F.01
N128Z-.37F.01
N130X1.2333F.01
N132X1.3748Z-.2993F.01
N134G0X1.4067
N136Z.1
N138G1Z-.6848F.01
N140X1.4813Z-.74F.01
N142X1.6F.01
N144X1.7414Z-.6693F.01
N146G0Z.1
N148X1.2133
N150G1Z-.5417F.01
N152X1.4267Z-.6996F.01
N154X1.5681Z-.6288F.01
N156G0Z.1
N158X1.02
N160G1Z-.3986F.01
N162X1.2333Z-.5565F.01
N164X1.3748Z-.4858F.01
N166G0X1.52
N168Z-.63
N170G1Z-.731F.01
N172Z-1.1612F.01
N174X1.6614Z-1.0905F.01
N176G0X4.024
N178M9
N180G0X10.Z10.
N182M30
%

4.6 ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.40

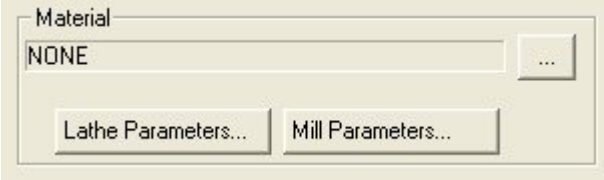
Job Setup

เลือก main menu > toolpaths > jobsetup

รูปที่ 4.41

Material

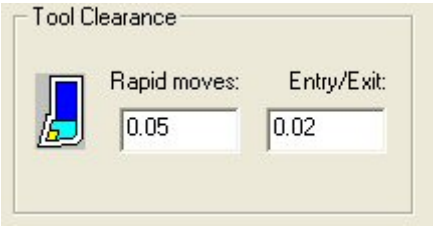
เลือก Alumenum Inch-6061 คลิก Ok



รูปที่ 4.42

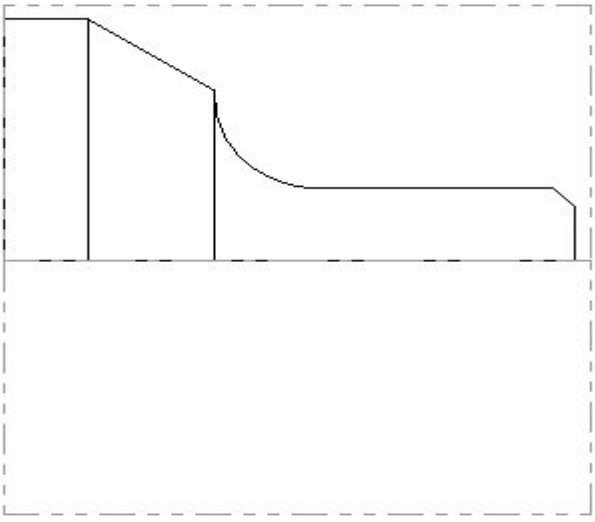
Tool Clearance

ควรใช้ค่าที่โปรแกรมกำหนดจะเหมาะสมที่สุด คือ Rapid moves=0.05 Entry/exit=0.02



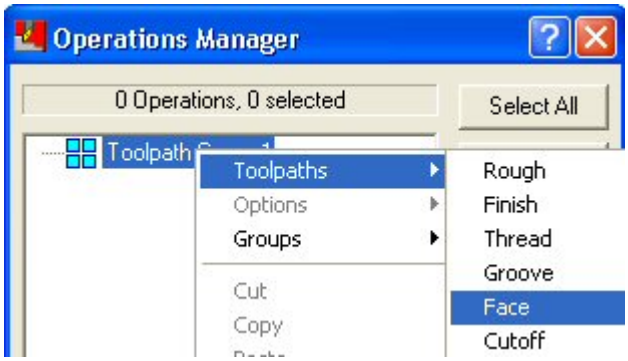
รูปที่ 4.42

ทำ Facing



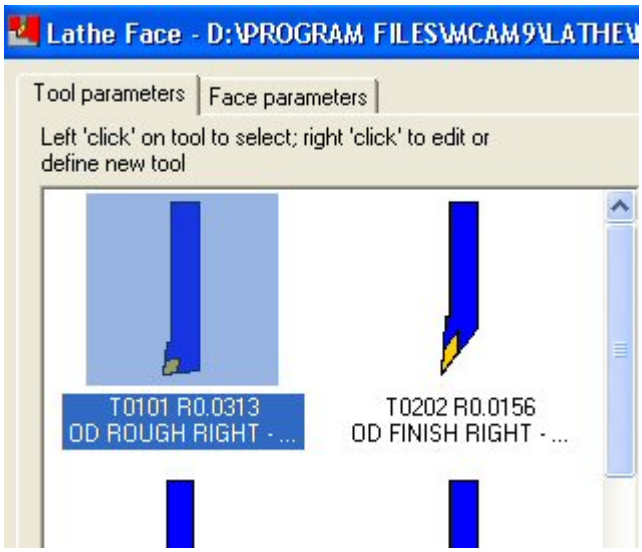
รูปที่ 4.43

- เลือก main menu > toolpaths > Operation
- คลิกขวา เลือก toolpaths > face



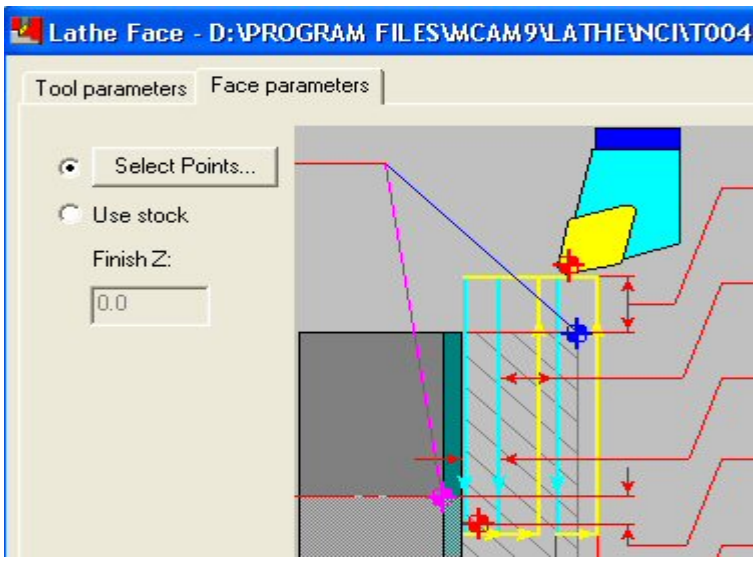
รูปที่ 4.44

- ทำการเลือก tool โดยการเลือกค่าที่ โปรแกรมกำหนดให้



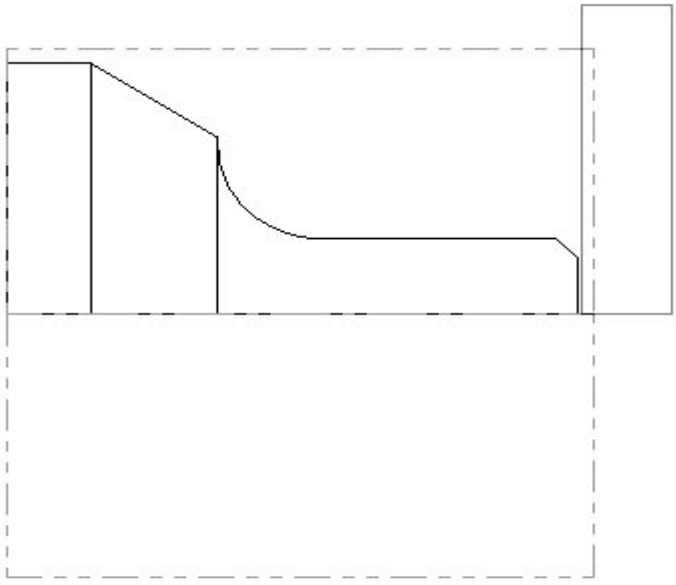
รูปที่ 4.45

- จากนั้น ไปที่แท็บ Face parameters เพื่อกำหนดขอบเขตการกลึงปาดหน้า
- คลิก select points



รูปที่ 4.46

- จะกลับไปยังหน้าจอ Graphic area คลิกจุด 2 จุด ดังรูป



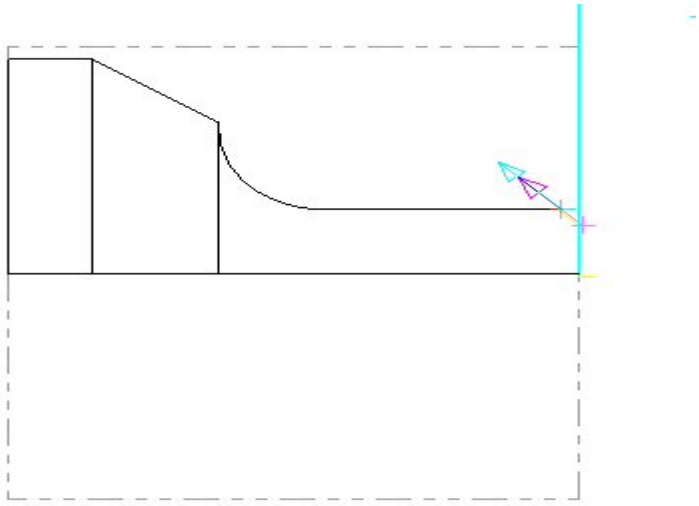
รูปที่ 4.47

- คลิก Ok ที่กรอบ Lathe Face
- จะกลับมาที่กรอบ Operation อีกครั้ง
- ทำขั้นตอนต่อไป

Roughing Toolpath

รูปที่ 4.48

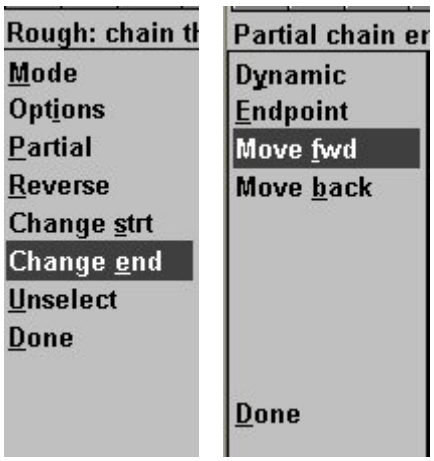
- คลิกขวา เลือก Toolpath > Rough
- คลิกเลือกเส้นเพื่อที่จะกลึงปอกดังรูป



รูปที่ 4.49

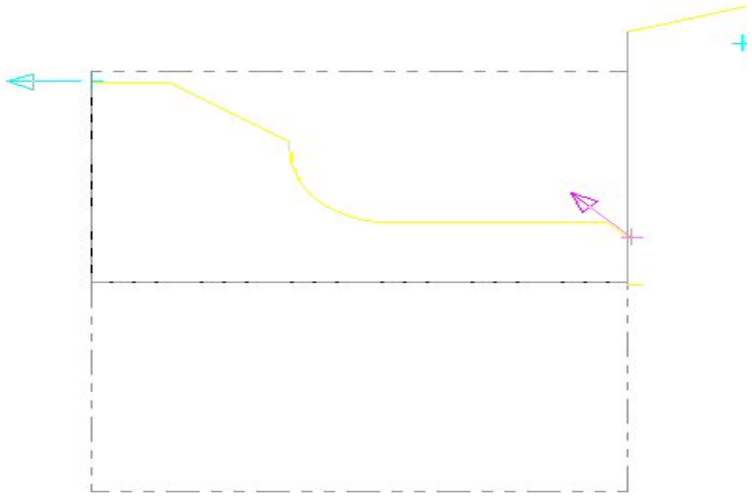
- คลิก backup

- เลือก Change end



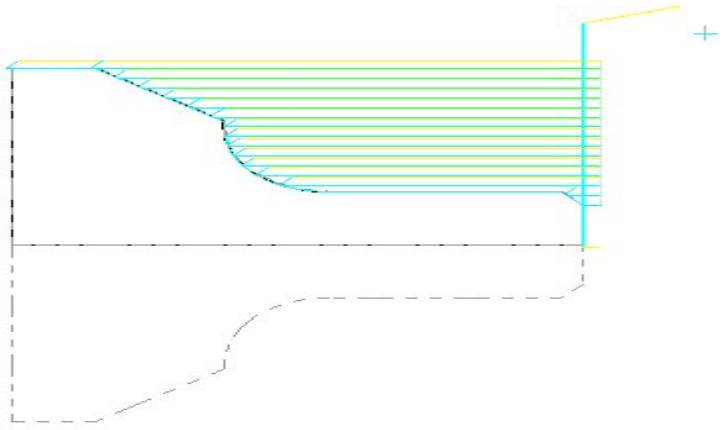
รูปที่ 4.50

คลิกเพื่อให้ลูกศรเลื่อนไปตามเส้นที่ต้องการกลึง จะได้ดังรูป 4.51



รูปที่ 4.51

- คลิก Done และ คลิก Done อีกครั้ง
- เลือก tool คลิก Ok จะได้ดังรูป



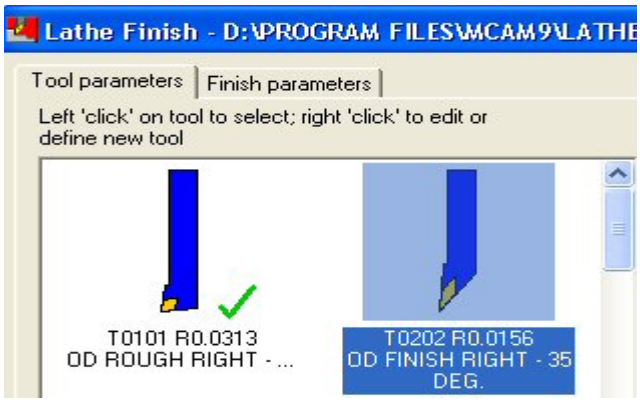
รูปที่ 4.52

Finishing Toolpath

- คลิกขวา เลือก Toolpath > Finish

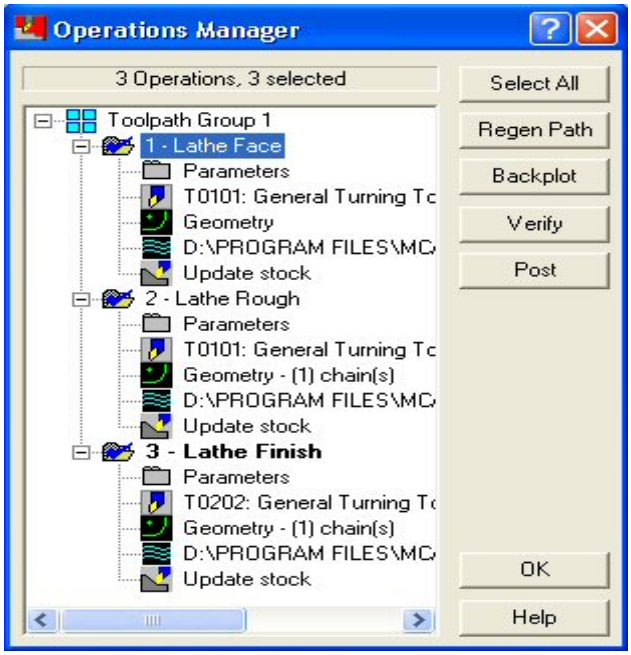
รูปที่ 4.53

- คลิก เลือกเส้นเหมือนกับ Roughing ทุกขั้นตอน จะได้ดังรูป
- เลือก tool ในตัวอย่างนี้เลือกชนิด T0202 R0.0156 Finish right 35 Deg คลิก Ok



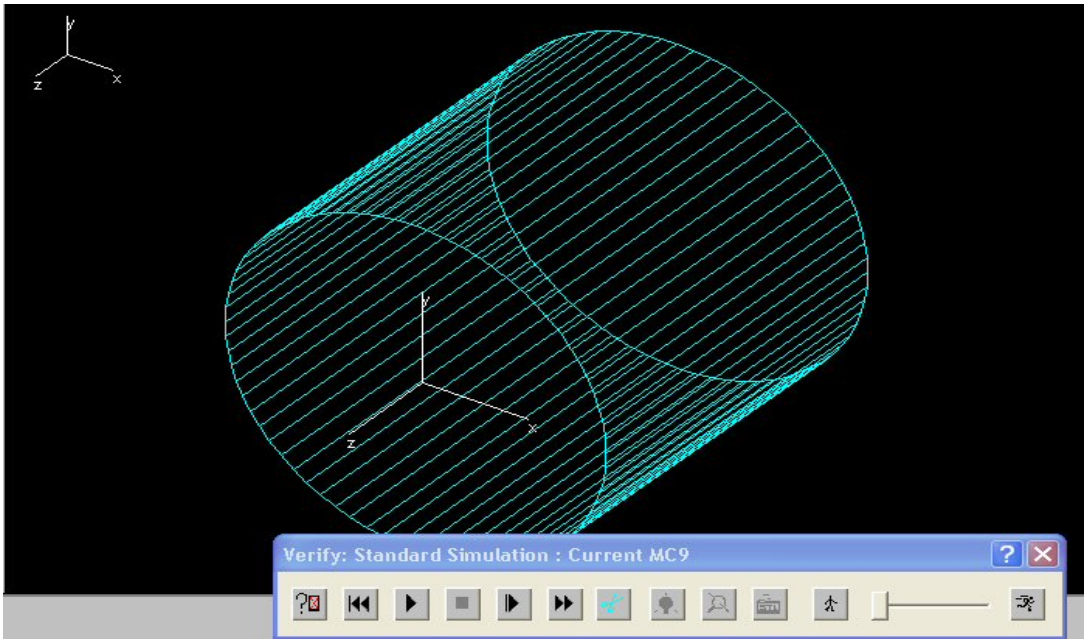
รูปที่ 4.54

จะกลับมาที่กรอบ Operations อีกครั้ง

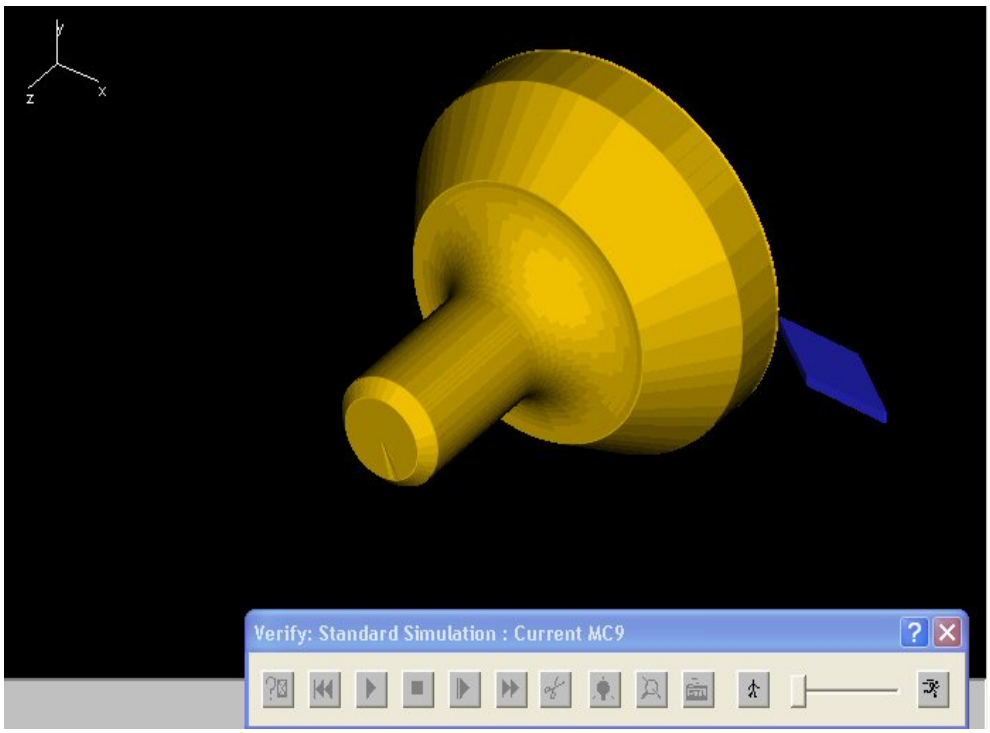


รูปที่ 4.55

- คลิก Verify เพื่อ ดูรูปจำลอง (Simulation) ดังรูป จากนั้น คลิก



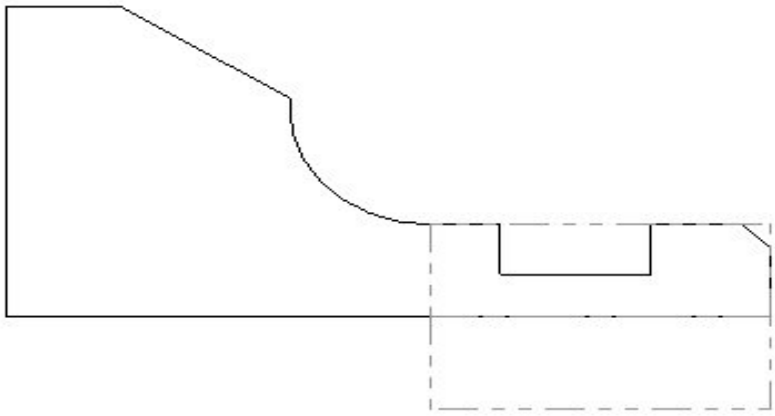
รูปที่ 4.56



รูปที่ 4.57

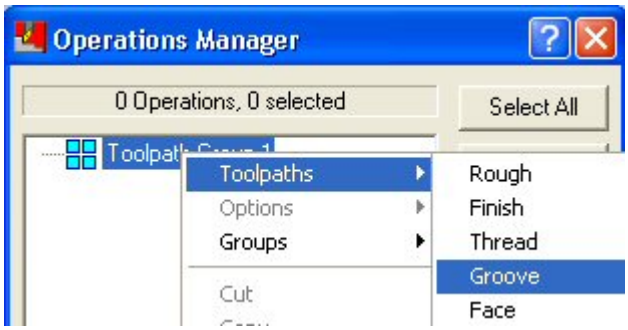
Grooving Toolpath

จากรูปจะเพิ่มร่องส่วนปลายของชิ้นงาน ขั้นตอนในการเซาะร่องมีดังนี้



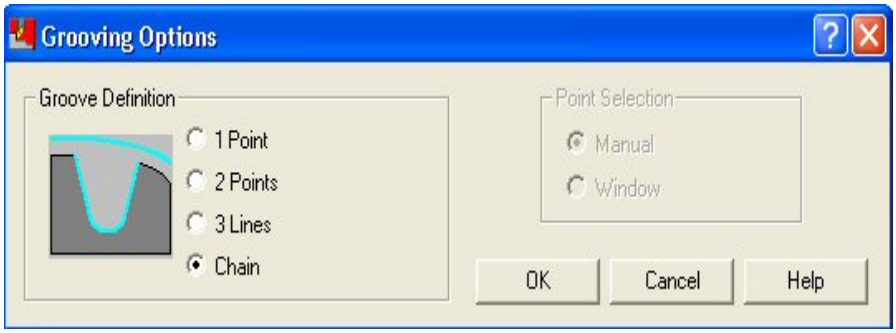
รูปที่ 4.58

- เลือก main menu > toolpaths > Operations
- คลิกขวา เลือก toolpaths > groove
-



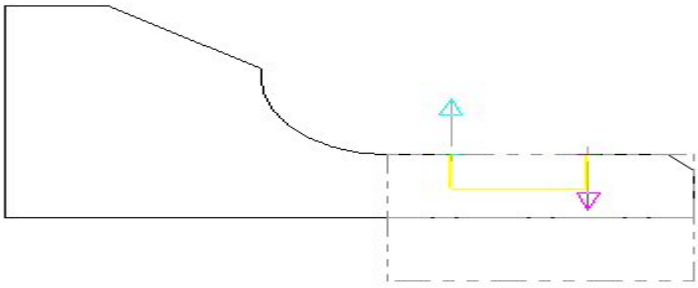
รูปที่ 4.59

- เลือก Chain ใน Grooving Options คลิก Ok



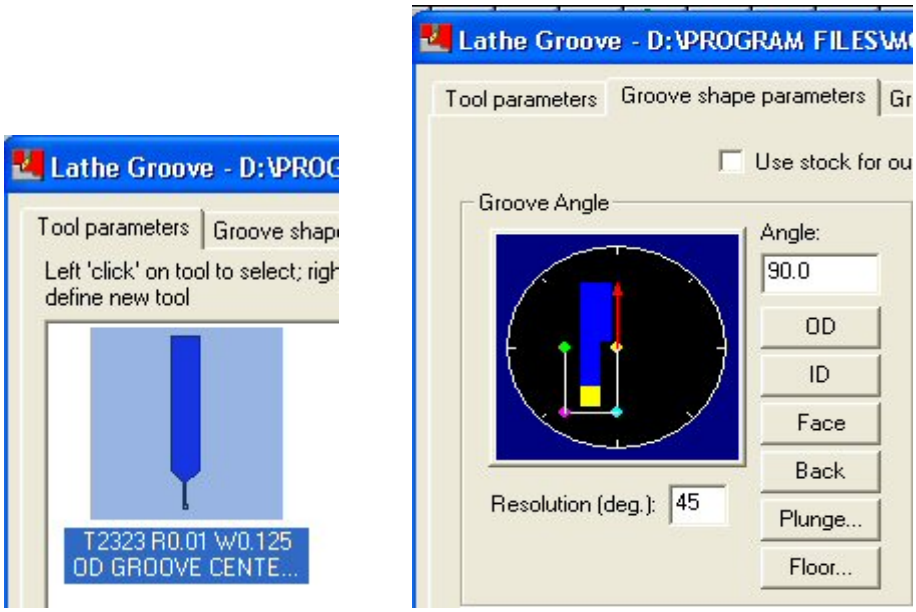
รูปที่ 4.60

- คลิกตามเส้นที่จะทำการเซาะร่อง ดังรูป จากนั้น คลิก Backup
- เลือก Change end > move fwd จะได้ดังรูป



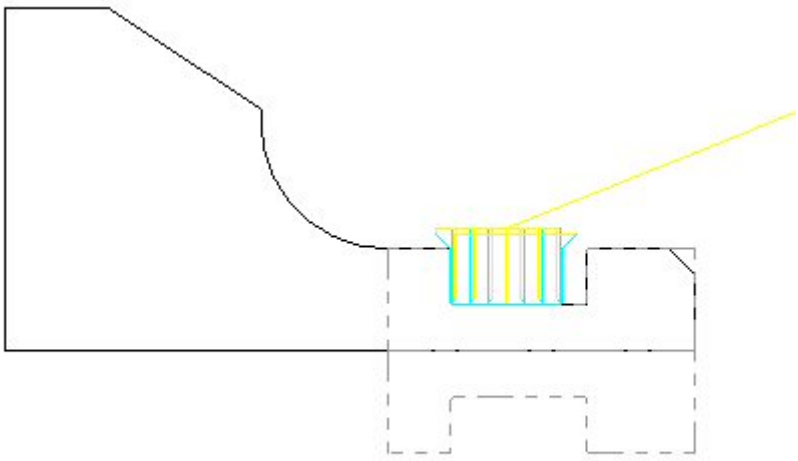
รูปที่ 4.61

- คลิก Done > Done
- เลือก tool จากนั้น คลิก ที่แท็บ Groove sharp parameter สำหรับปรับมุมมีดกลึงแต่ในตัวอย่างนี้ ใช้ค่า 90 องศา



รูปที่ 4.62

- คลิก Ok จะได้ดังรูป



รูปที่ 4.63

บทที่ 5
เครื่องกลึง CNC DYNA MYTE 3000

เครื่องกลึง CNC DYNA MYTE 3000 เป็นเครื่องกลึงระบบอัตโนมัติสามารถตรวจสอบรูปแบบ
การปฏิบัติงานด้วยคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะส่งรหัส (Code) เข้าสู่เครื่องกลึงเพื่อนำไปผลิตเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลต่อไป การทำงานบนเครื่องจักรระบบอัตโนมัตินี้จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีคุณภาพดียิ่งขึ้น องค์ประกอบและส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกลึง CNC DYNA MYTE 3000

5.1 ตารางคำสั่งควบคุมและ FUNCTIONS ต่าง ๆ

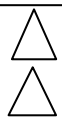
LINE ON.	- รูปแบบ PROGRAM เพื่อเช็คดูก่อนเริ่มการทำงาน หรือต้องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขส่วนต่าง ๆ
PROGRAM RUN	- PROGRAM เริ่มการทำงาน
PROGRAM ENTER	- ป้อนข้อมูลและคำสั่ง Function ต่าง ๆ ของ Program
MANUAL	- กำหนดการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ
START	- เริ่มต้นการเขียน Program มี 2 ระบบ “INCH.?” หรือ “MM?”
SPINDLE SPEED	- ความเร็วรอบ RPM 0-1000 RPM

0-2000 RPM

0-4000 RPM

FEED RATE	- กำหนดอัตราการเคลื่อนที่ของแต่ละแกน ถ้าไม่กำหนดเครื่องจะเป็นค่า 1.97 inch/min (50 mm. / min.) - การกำหนดอัตราการเคลื่อนที่ inch/rev หรือ inch/min mm. /rev หรือ mm. /min อัตราการเคลื่อนที่สูงสุด 60 ipm.
SETUP PROG. REF	- กำหนดจุดอ้างอิงเริ่มต้นของแกน XZCD เป็นจุดอ้างอิงบนเครื่องหรือใช้เลื่อนจุดอ้างอิงไปตำแหน่งใหม่
END	- เป็นคำสั่งสิ้นสุดการเขียน PROGRAM - END NEWPART สิ้นสุด PROGRAM แล้วกลับมาตำแหน่งเริ่มต้นเดิม - END NEW REFERENCE สิ้นสุด PROGRAM แล้วสามารถที่จะกำหนดตำแหน่ง SETUP REF. ใหม่ได้
SHIFT	- ปุ่มกดเลือกอักษรตัวสีฟ้า
GO ABS THREAD	- กำหนดให้เป็นจุดศูนย์จุดสุดท้ายของแต่ละแกนก่อนการเคลื่อนที่ - รูปแบบในการกลึงเกลียว
GO REL DRILL	- กำหนดการเคลื่อนที่ของมีดตัดไปทีละตำแหน่ง - รูปแบบในการเจาะ
DISPLAY RECT	- แสดงค่าตำแหน่งของมีดกลึงในแต่ละแกน - รูปแบบในการกลึงปอก
CALLSUB TRIANGLE	- ใช้เรียกหมายเลขของ SUBRUTINE - รูปแบบในการกลึงเรียว
SUB ROUTINE	- ใช้กำหนดหมายเลขของ SUBRUTINE ในโปรแกรม
ARC 1	- ใช้ในการกลึงส่วนโค้งแบบ ARC 1

TOOL CHANGE	- เปลี่ยนมีดกลึง
X->XCLEAR CONTROL	- ตำแหน่งระยะห่างของแกน X ห่างจากผิวงานคือ ระยะตำแหน่ง C ใน SETUP - รหัสควบคุมคำสั่ง
Z->Z CLEAR DWELL	- ตำแหน่งระยะห่างของแกน Z ห่างจากผิวงานคือ ระยะตำแหน่ง D ใน SETUP - PROGRAM หยุดชั่วคราว กำให้เลือกได้ตั้งแต่ 1-99 วินาที
->MACH 0 XZ->REF 0	- ยกเลิกตำแหน่งที่ตั้งศูนย์ไว้และกำหนดจุดศูนย์อ้างอิงใหม่ - เคลื่อนที่มีดตัดไปยังตำแหน่งอ้างอิงศูนย์
SKIP TO ARC 2	- กำหนดให้โปรแกรมกระโดดข้ามบรรทัดที่ทำงานอยู่ไปยังบรรทัดที่โปรแกรมต้องการ - เรียกฟังชั่นในการสร้างส่วนโค้งของ ARC 2 มาใช้งาน
SUB RETURN	- เมื่อสิ้นสุดโปรแกรมแล้วให้กลับไปที่ SUBROUTINE
NOTCH	- เรียกฟังชั่น NOTCH มาใช้งาน
REPEAT REPEAT END	- กำหนดการใช้โปรแกรมซ้ำที่มีอยู่หรือใช้เป็นบางส่วน - หยุดการทำงานซ้ำของโปรแกรม
X	- ใช้กำหนดรูปแบบของแกน X
Z	- ใช้กำหนดรูปแบบของแกน Z
R	- ใช้บอกค่ารัศมีในโปรแกรมหรือบอกค่ารัศมีของมีดตัดเวลาติดตั้งเครื่องมือตัด

A CHAMFER	- กำหนดค่าของมุมในโปรแกรม - เรียกฟังชั่น CHAMFER มาใช้งาน
ZERO AT SPINDLE ON/OFF	- สร้างตำแหน่งจุดศูนย์ใหม่ มีดตัดจะไม่เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งนั้น แต่จะหมุนรอบตำแหน่งศูนย์ - กำหนดต้องการให้เพลาหมุนหรือหยุด
ZERO COODS READ/WRITE	- กำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ที่ตำแหน่งมีดตัดปัจจุบัน - ใช้ในโหมดของ Line No. เพื่อติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทาง RS 232
ON/OFF Z	- ใช้ปิดเปิดของ JOG FUNCTION ในทิศทางที่ตรงข้าม
7 L LEET	- ใช้เรียกหมายเลข 7 - ทำให้ JOG เพิ่มขึ้น 0.001 นิ้วต่อการกดทีละครั้งในทิศทางตรงกันข้าม (ลบ)
4  F FAST	- ใช้เรียกหมายเลข 4 - ทำให้ JOG เพิ่มขึ้น 0.0001 นิ้วต่อการกดทีละครั้งในทิศทางตรงกันข้าม (ลบ)
YES 1	- ให้ผู้ใช้ตอบ YES ที่คำตอบ - ใช้เรียกหมายเลข 1
0	- ใช้เรียกหมายเลข 0

SETUP REF. TOOL ABS.	- ใช้สำหรับตั้งคำสั่งโปรแกรมและการติดตั้งมีดตัด
PREVIOUS INSERT	- ใช้เพื่อย้อนกลับไปก่อนถึงบรรทัดปัจจุบันได้ทีละ 1 บรรทัด ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด - ในโหมด LINE NO. ให้ผู้ใช้แทรกบรรทัดในโปรแกรม
X ON/OFF Z	- ใช้ปิดเปิดของ JOG FUNCTION ในทิศทางบวก
8 R RIGHT	- ใช้เรียกหมายเลข 8 - ทำให้ JOG เพิ่มขึ้น 0.0001 นิ้วต่อการกดทีละครั้งในทิศทางบวก (เคลื่อนที่จากชิ้นงานเข้าไป)
5 C COMBACK	- ใช้เรียกหมายเลข 5 - ทำให้ JOG เพิ่มขึ้น 0.0001 นิ้วต่อการกดทีละครั้งในทิศทางบวก - ทำให้มีดตัดเคลื่อนที่ไปตำแหน่งที่ต้องการแล้วกลับมาตำแหน่งจุดเริ่มต้น
NO 2	- ให้ผู้ใช้ตอบ NO ที่คำตอบ - ใช้เรียกหมายเลข 2 - ใช้เติมค่าจุดทศนิยมในโปรแกรม
TOOL REF	- ใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงปรับค่าของมีดตัดแต่ละอันมีการสึกหรอของมีดตัด หรือขนาดของชิ้นงานผิดพลาด

NEXT DELETE	- ใช้เหมือนปุ่ม “ENTER” เพื่ออ่านข้อมูลเข้าหน่วยความจำและใช้ทำงานตามโปรแกรมของแต่ละบรรทัด - ในโหมด LINE NO. ให้ใช้ลบบรรทัดในโปรแกรม
CLEAR	- ในโหมด LINE NO. ใช้ล้างส่วนต่าง ๆ ในหน่วยความจำ
9	- ใช้เรียกหมายเลข 9
6	- ใช้เรียกหมายเลข 6
3	- ใช้เรียกหมายเลข 3
+ / - #	- ใช้กำหนดการเคลื่อนที่แบบตามเข็มนาฬิกา (-) และแบบทวนเข็มนาฬิกา (+)
HALT	- ใช้หยุดโปรแกรมในบรรทัดที่กำลังทำงานอยู่ และกด NETX อีกครั้งเมื่อต้องการให้โปรแกรมทำงานต่อไป

5.2 โหมดในการใช้งาน 4 อย่าง

ในเครื่องจักรมีโหมดให้เลือกการทำงานอยู่ 4 อย่าง ในการเลือกโหมดใช้งานจะเลือกโดยการกดปุ่มบนแผงควบคุมดังนี้

MANUAL	PROGRAM RUN	PROGRAM ENTER	LINE NO.

MANUAL	- ใช้กำหนดปรับระยะขนาดของมีดตัดและเป็นคู่มือในการทำงานของเครื่องจักร
PROGRAM RUN	- สั่งให้เครื่องจักรทำตามโปรแกรมที่มีอยู่ในหน่วยความจำ
PROGRAM ENTER	- สร้างโปรแกรมในแผงระบบควบคุม
LINE NO.	- ตรวจสอบโปรแกรมที่เก็บไว้ในแผงควบคุมและสามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงโปรแกรมได้

บทที่ 6
ผลการศึกษาการใช้โปรแกรม มาสเตอร์แคม

6.1 ผลการศึกษา

มาสเตอร์แคมได้แบ่งโปรแกรมออกเป็น 4 ส่วน คือ Design , Mill , Lathe,Wire โดยส่วนของ mastercam design จะสามารถใช้งานในการออกแบบ (CAD) เท่านั้น ส่วน Mastercam Mill , Mastercam Lathe , Mastercam Wire จะสามารถออกแบบ (CAD) และในส่วนช่วยในการผลิต (CAM) โดยระบบการทำงานของ Maastercam จะแยกย่อยการทำงานเป็นหมวดหมู่อย่างชัดเจนทำให้การทำงานไม่ซับซ้อน ในโครงงานนี้ได้ศึกษาในส่วนของงานกัดและงานกลึง เมื่อนำโปรแกรม Mastercam ไปเปรียบเทียบกับโปรแกรม Pro/Engineer สามารถสรุประบบการทำงานออกมาโดยคร่าว ๆ ได้ดังนี้

1. การออกแบบ CAD ทั้งงานกัดและงานกลึง

Mastercam

- ใช้งานง่าย
- สามารถนำไฟล์ที่ออกแบบจากโปรแกรมอื่น ๆได้มาก เช่น Solidegde, Pro E, Parasolid, Auto cad, IAES ฯลฯ

Pro Engineer

- มีคำสั่งที่ช่วยในการออกแบบมาก
- ออกแบบ 3D ได้ดีกว่า Mastercam
- ย้อนกลับไปแก้ไขงานได้ง่าย
- ใช้งานยาก

2. ส่วนของ CAM และการสร้าง NC Code

Mastercam

- การสร้าง Tool Path ทำได้ง่าย
- การสร้าง Stock ของชิ้นงาน ทำได้ง่าย
- การกัดโค้ง มีคำสั่งในการลด feed
- สามารถออกแบบ tool ได้เอง
- มีคำสั่งในการ verify หรือ simulation
- สามารถแก้ไข Tool Path ได้
- ออก code ได้เร็ว

- มี post processor สำหรับเครื่อง CNC หลายชนิด
- สามารถสร้าง Tool Path สำหรับงาน 2 มิติได้
- สร้าง stock ได้เฉพาะงานสี่เหลี่ยม

Pro Engineer

- สร้าง stock ได้หลากหลาย
- ไม่สามารถเป็นตัว controller ส่งข้อมูลให้เครื่อง CNC ได้

การออกแบบ CAD ของ Mastercam ยังด้อยกว่า Pro /Engineer มาก เพราะมีคำสั่งช่วยในการออกแบบน้อยกว่า แต่ Mastercam มีจุดเด่นตรงที่สามารถออกแบบ 2D และ 3D และนำไปกำหนดเส้น tool path ได้เลย นอกจากนี้ยังสามารถ import จากโปรแกรมต่าง ๆได้เกือบทุกโปรแกรม โดยเมื่อกำหนดเส้น tool path จะแปลงเป็น NC code ได้ง่าย ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า Mastercam มีจุดเด่นในการออกแบบ code และสร้าง tool path ซึ่งเหนือกว่า Pro/Engineer

ปัญหาที่เจอใน Mastercam นั้นน้อยมาก นอกจากตอนที่แปลงเป็น G Code ของเครื่อง Dyna myte 3000 เท่านั้น ซึ่งสามารถสรุปข้อผิดพลาดได้ดังนี้

1. G Code จะมีหน่วยกำหนดเป็น นิ้ว ตลอด แม้จะกำหนดเป็นหน่วยอื่น เช่น มม. แล้ว
2. G Code จะเกิดปัญหาคือ มีเครื่องหมายลบซับซ้อนกัน หลายจุด เช่น

   151 ZERO AT

   152 X 5.5674

   153 Z- -38.5237

   154 GR A- -10.543

   เมื่อไป Simulation ในโปรมแกรม Dyna myte 3000 ไม่สามารถรันได้
3. ถ้ากำหนดค่า feed เป็น default ในตัวโปรแกรมมาสเตอร์แคมเมื่อแปลงเป็น G Code ค่า feed จะไม่กำหนดให้

เอกสารอ้างอิง

สุทธิพงษ์ สุภาชัยวัฒน์,คู่มือปฏิบัติงานกลึง Dynamyte 3000 cnc lathe,มหาวิทยาลัยขอนแก่น

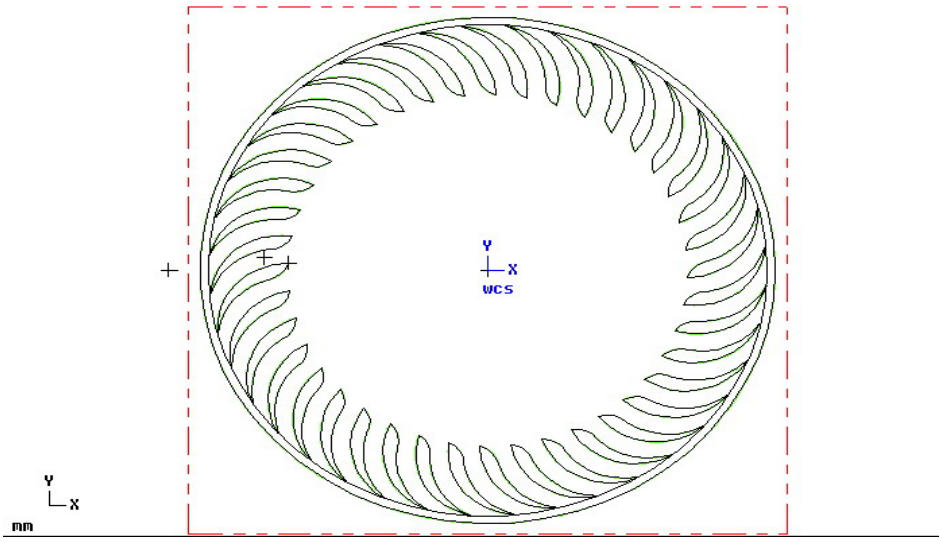
Kelly Curran and Jon Stenerson,Understanding Mastercam,Prentice Hall

Nattapong Kongprasert,Pruek Kongprawechnon,คู่มือการใช้ Mastercam ภาษาไทย,Faculty of Engineer SWU(prasanmitr)

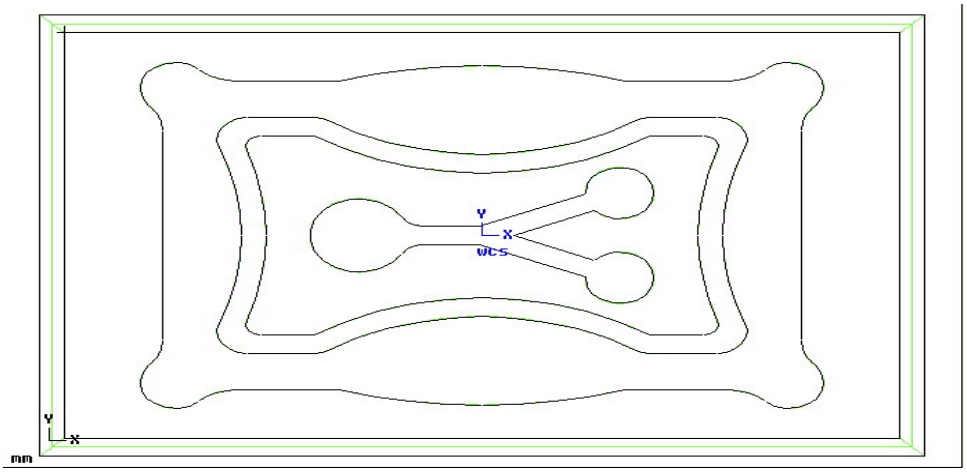
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลที่ได้จากการทดลอง

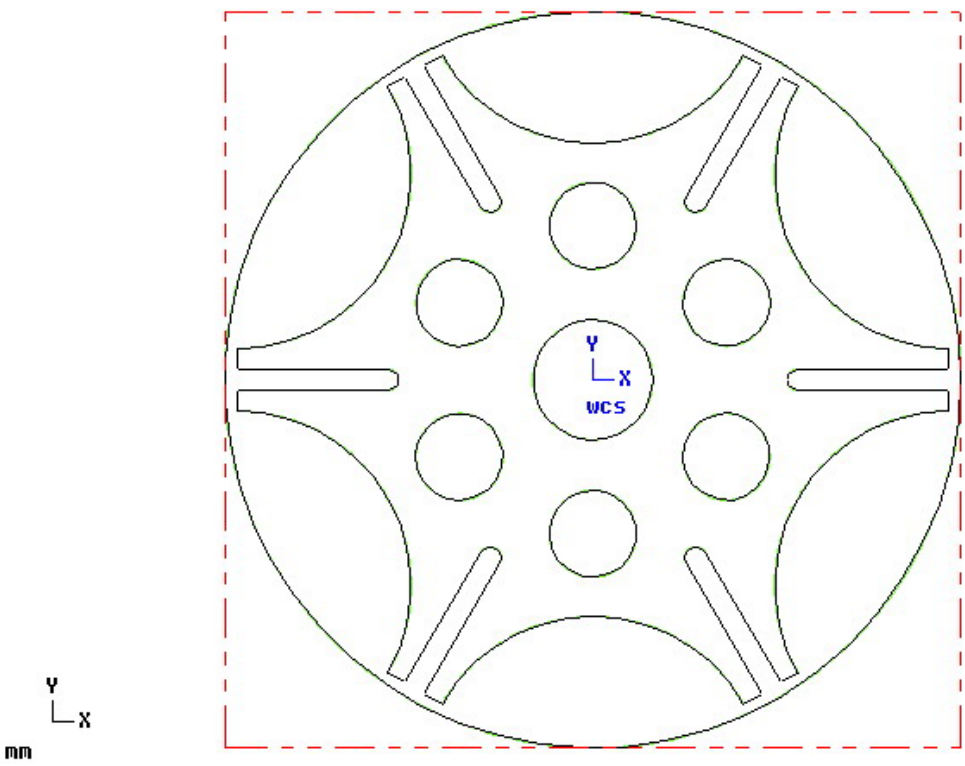
ตัวอย่างงานกัด



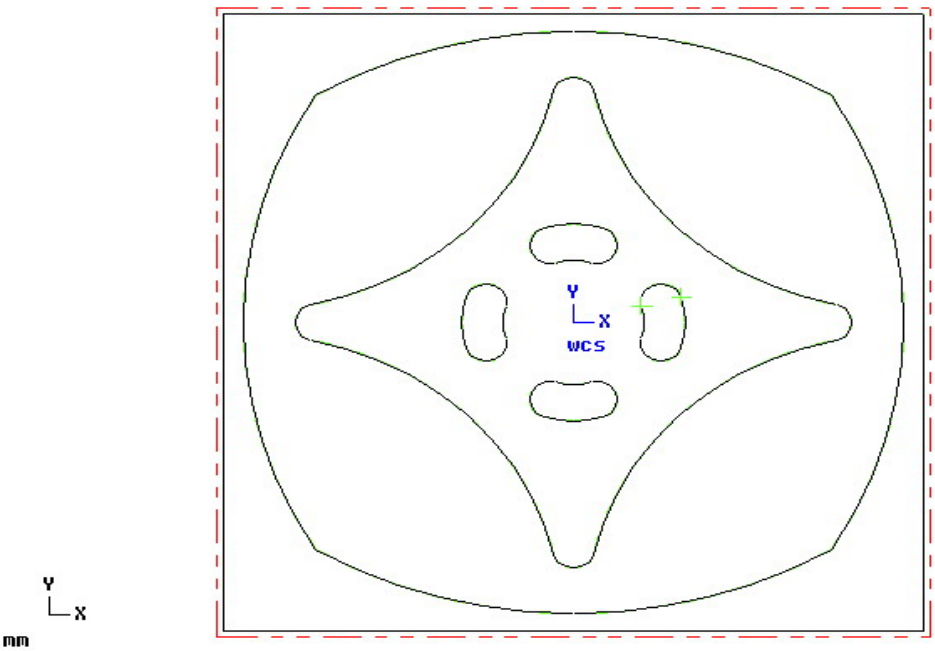
รูปที่ ก.1



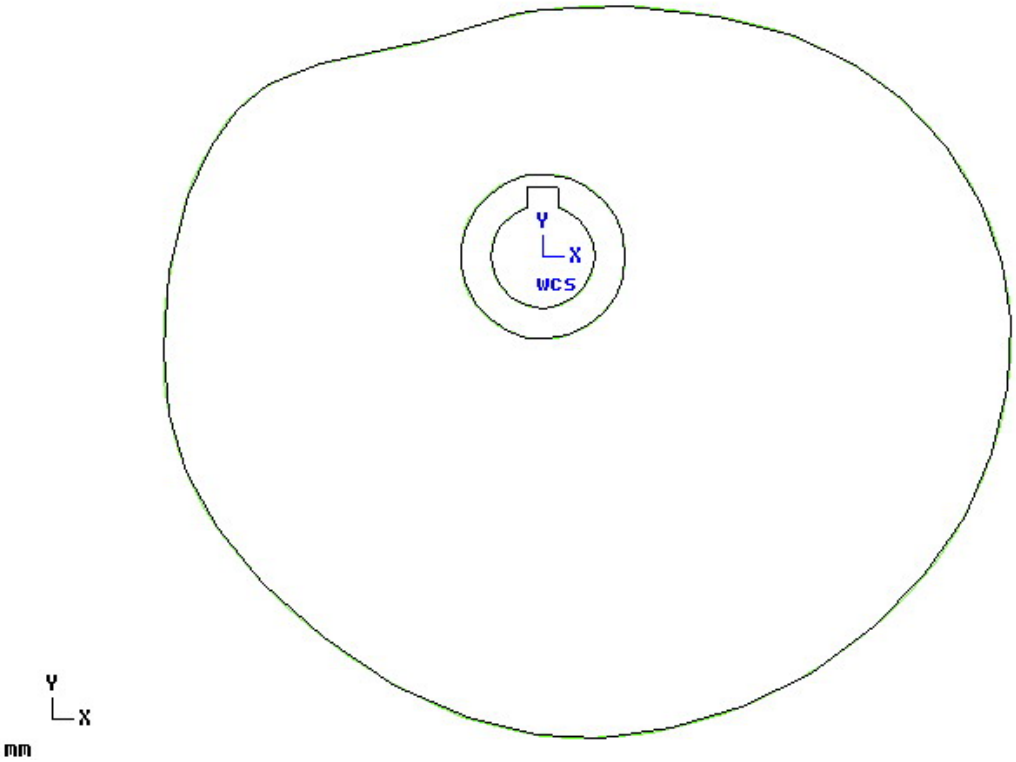
รูปที่ ก.2



รูปที่ ก.3

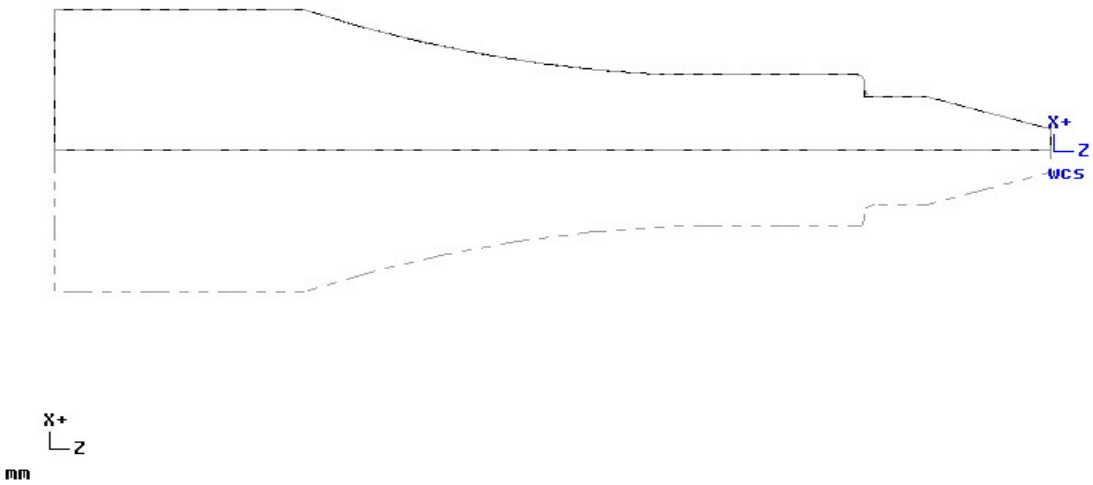


รูปที่ ก.4

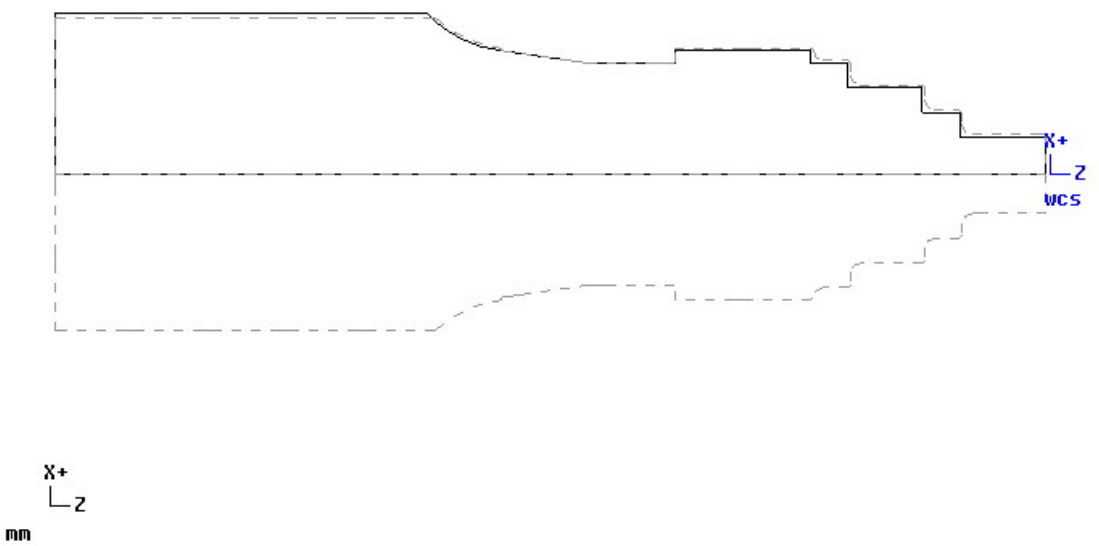


รูปที่ ก.5

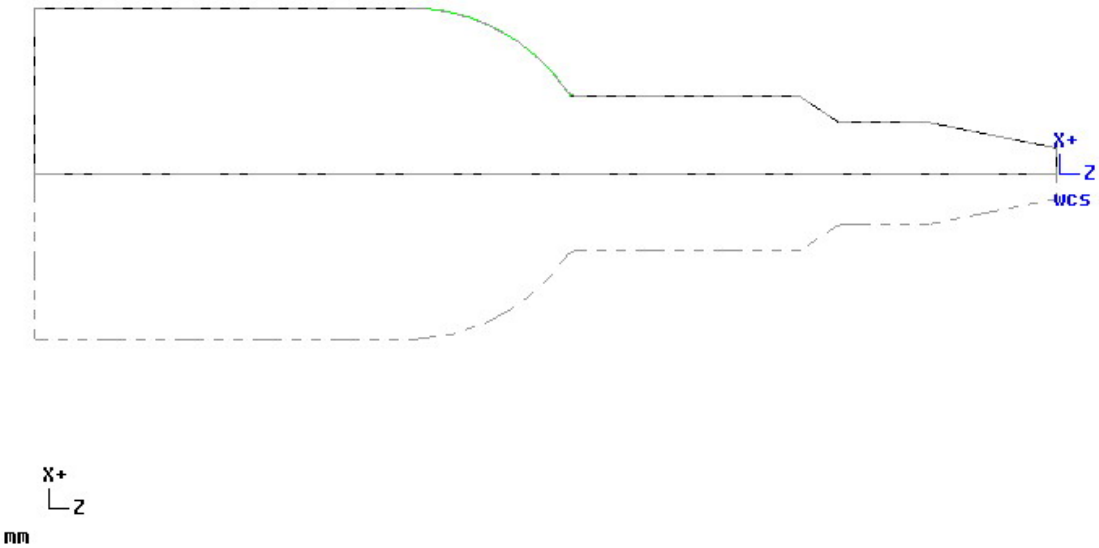
รูปตัวอย่างงานกลึง



รูปที่ ก.6



รูปที่ ก.7



รูปที่ ก.8

ภาคผนวก ข

แสดง NC Code เฉพาะงานกลึงรูปที่ ก.6

เนื่องจาก Code ค่อนข้างยาวจึงไม่สามารถนำมาแสดงทั้ง 8 รูปได้ NC Code ของรูปที่ ก.6 เป็นดังนี้

```
100 START MM  01
102 SET UP >dczx
104 FR XZ/M=  100
106 SPINDLE ON
108 SPD SP=  1800
110 TOOL       1
112 GOfX  22.6167
114    Z  2.7000
116 GO X  22.6168
118    Z- 54.9972
120 ZERO AT
122    X  212.0932
124    Z- 60.4546
126 GR A  3.332
128 >MACH 0
130 GO X  29.1054
132    Z- 59.0404
134 GOfX  29.1054
136    Z  2.7000
138 GOfX  18.9565
140    Z  2.7000
142 GO X  18.9566
144    Z- 48.0701
146 ZERO AT
148    X  212.0932
150    Z- 55.6486
152 GR A  4.542
```

```
154 >MACH 0
156 GO X  25.8452
158    Z- 54.2344
160 GOfX  25.8451
162    Z  2.7000
164 GOfX  15.2963
166    Z  2.7000
168 GO X  15.2962
170    Z- 37.1600
172 ZERO AT
174    X  212.0932
176    Z- 48.9376
178 GR A  6.921
180 >MACH 0
182 GO X  22.1850
184    Z- 47.5233
186 GOfX  22.1849
188    Z  2.7000
190 GOfX  11.6361
192    Z  2.7000
194 GO X  11.6360
196    Z- 14.8047
198 ZERO AT
200    X  11.4000
202    Z- 16.3000
204 GR A- 85.488
206 >MACH 0
208 GO X  14.4000
210    Z- 31.7722
212 ZERO AT
214    X  212.0932
216    Z- 38.8353
218 GR A  4.106
220 >MACH 0
222 GO X  18.5248
224    Z- 37.4211
226 GOfX  18.5247
228    Z  2.7000
```

```
230 GOfX  7.9759
232    Z  2.7000
234 GO X  7.9758
236    Z- 6.6130
238 GO X  10.3156
240    Z- 10.5127
242 ZERO AT
244    X  8.4000
246    Z- 10.8000
248 GR A- 16.697
250 >MACH 0
252 GO X  10.4000
254    Z- 14.8000
256 GO X  11.4000
258    Z- 14.8000
260 ZERO AT
262    X  11.4000
264    Z- 14.8341
266 GR A- 12.241
268 >MACH 0
270 GO X  14.8646
272    Z- 13.4199
274 GOfX  14.8645
276    Z  2.7000
278 GOfX  4.3157
280    Z  2.7000
282 GO X  4.3156
284    Z- 0.5127
286 GO X  8.3758
288    Z- 7.2797
290 GO X  11.2042
292    Z- 5.8655
294 SPINDLE OFF
296 CONTROL 1
298 END NEWPART
```

หมายเหตุ เมื่อแปลงเป็น NC code แล้วกรณีที่ไป simulation กับโปรแกรมอื่นจะต้องแก้ไข Code บางส่วน